



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

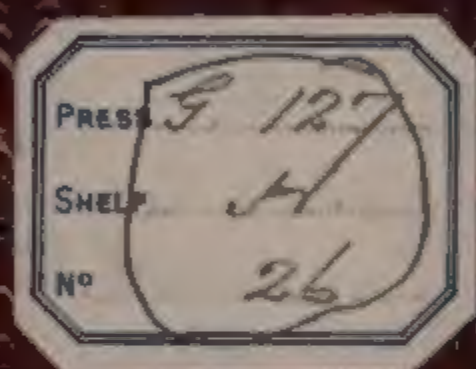
- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.













C

1666 d. 103







**GRUNDZÜGE**  
**DER**  
**PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN.**



**GRUNDZÜGE**  
**DER**  
**PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN**  
**MIT**  
**RÜCKSICHT AUF DIE GESUNDHEITSPFLEGE.**

**FÜR DAS PRAKTISCHE BEDÜRFNISS DER ÄRZTE UND STUDIRENDEN  
ZUM SELBSTSTUDIUM BEARBEITET**

**VON**  
**JOHANNES RANKE,**  
**DR. MED. UND PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN.**

**VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE**

**MIT 274 HOLZSCHNITTEN**

---

**LEIPZIG,**  
**VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.**

**1881.**



*Das Recht der englischen und französischen Uebersetzung behält sich der Verfasser  
und der Verleger vor.*

## Vorrede zur zweiten Auflage.

Der Gesichtspunkt, welcher bei der Ausarbeitung der ersten Auflage leitete, war der, dem ärztlichen Publikum die Hauptlehren der Physiologie in leicht verständlicher Form und mit Rücksicht auf die praktische Verwerthung darzubieten. Daher schien es nothwendig, von der Darstellung der rein physiologischen Lehren aus sogleich auf die Anwendung derselben für ärztliche Zwecke, vor Allem für eine physiologische Gesundheitspflege überzugehen. Ebenso erschien es erforderlich, die Beschreibung der physiologischen Technik, soweit sie für den Arzt eine hervorragendere Bedeutung besitzt, so vollständig zu machen, dass eine Ausführung der betreffenden chemischen und physikalischen Versuche nach der gegebenen Anleitung möglich erschien. Mit einem Wort: das Buch sollte ein zum Selbststudium geeignetes **Handbuch** der Physiologie und physiologischen Technik für den Arzt sein. Daraus ergab sich weiter, dass die ärztlich minder verwerthbaren Capitel, oder diejenigen, welche sich wie die Ophthalmologie und Embryologie für das ärztliche Bedürfniss als eigene Disciplinen von der Physiologie abgesondert haben, hier entweder übergangen oder wenigstens nur ganz in der Kürze abgehandelt waren. Es wurde dadurch eine, natürlich sehr in die Augen springende Ungleichheit der Darstellung der verschiedenen physiologischen Ergebnisse bedingt.

Die freundliche Aufnahme, welche das Buch von ärztlicher Seite gefunden hat, darf vielleicht als Beweis dafür gelten, dass die Aufgabe im Allgemeinen nicht unrichtig gestellt war; sie ist der Grund dafür, dass in der neuen Auflage der alte Grundplan beibehalten und im Einzelnen sogar noch mehr und directer auf die ärztliche Verwerthung der vorgetragenen Lehren hingewiesen wurde.

Da sich aber das Buch auch Eingang auf Universitäten verschafft hat, so schien für eine neue Auflage, abgesehen von einer sorgfältigen Berichtigung und Durcharbeitung, eine grössere Gleichartigkeit in der Darstellung der einzelnen Capitel und ein Eingehen auf die bisher ausgeschlossenen Disciplinen: Entwicklungsgeschichte und vergleichende Anatomie, wünschenswerth. Es konnte das nur mit einer nicht unbeträchtlichen Vermehrung des Textes erreicht werden, die aber wenigstens zum grossen Theil durch reichlichere Anwendung kleinerer Lettern ausgeglichen werden konnte. Es wird durch den verschie-

denen Druck, wie mir scheint, die Uebersicht über die verschiedenen Richtungen der Darstellung erleichtert.

Für die reiche und gelungene Ausstattung an Abbildungen aus den Schätzen ihres Verlags, sowie in Beziehung auf Druck und Papier spreche ich der rühmlichst bekannten Verlagshandlung meinen Dank aus.

Und so möge sich das Werk in seiner neuen Gestalt die alten Freunde erhalten und neue erwerben.

München, im Mai 1872.

Johannes Ranke.

## Vorrede zur dritten Auflage.

Indem ich die dritte, neuerdings durchgearbeitete Auflage der Grundzüge der Physiologie vorlege, ist es Pflicht, öffentlichen Dank auszusprechen für die Unterstützung, die mir von fern und nah auch für diese Neubearbeitung zu Theil wurde. Vor Allem bin ich den wissenschaftlichen Gönnern meines Buches für die Uebersendung ihrer Originalwerke und Aufsätze verpflichtet. Doch habe ich zu bedauern, dass einige sehr hervorragende Erscheinungen der neuesten Literatur, da sie mir für den Druck zu spät zukamen, für diese Auflage nicht mehr benutzt werden konnten.

Am Tegernsee, im September 1874.

Johannes Ranke.

## Vorrede zur vierten Auflage.

Die vierte Auflage bietet eine vollkommene Durcharbeitung und Erneuerung des Buches. Namentlich die hervorragenden Erscheinungen auf den Gebieten der chemischen Physiologie, dann wichtige Fortschritte in der Physiologie der Sinne und der nervösen Centralorgane waren neu zu berücksichtigen. Wieder habe ich zu meiner Freude für die vielen Beweise des Wohlwollens gegen die »Grundzüge« zu danken und für die reiche Unterstützung durch Uebersendung der Originaluntersuchungen. Nach der III. Auflage erschien eine Uebersetzung in ungarischer Sprache. Die praktischen Gesichtspunkte, welche das Buch vertritt, ohne etwas anderes sein zu wollen als ein Handbuch der gesamten Physiologie für den Arzt, scheinen sich mehr und mehr Bahn zu brechen. Der künftige Arzt soll durch das Studium der Physiologie nicht nur allgemeine Belehrung, sondern auch etwas praktisch für seinen Beruf Nützliches erhalten.

München, den 10. Oktober 1880.

Johannes Ranke.



# I.

## Allgemeine Inhalts-Anzeige.

---

### Allgemeine Physiologie.

#### Die Physiologie der animalen Zelle.

	Seite
<b>1. Capitel: Von der Gestalt der Zelle, ihrer Entstehung und Umbildung.</b>	
Schema der Zelle . . . . .	3
Umbildung der Zellenlehre . . . . .	6
Die Eizelle . . . . .	8
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	9
Entstehung der Zelle und Eifurchung . . . . .	11
Zur vergleichenden Physiologie . . . . .	15
Umbildung der Zellformen . . . . .	17
Bildung der Keimblätter und Entstehung der Gewebe . . . . .	21
Totale Furchung . . . . .	21
Zur vergleichenden Physiologie der Eifurchung . . . . .	23
Partielle Eifurchung und Keimblätterbildung im Hühnerei . . . . .	23
Furchung der zusammengesetzten Eier . . . . .	26
Gewebe der Binde substanz . . . . .	26
Entwicklungsgeschichte desselben . . . . .	32
Vergleichende Anatomie . . . . .	33
Vegetative Gewebe:	
Blut und Oberhautgewebe . . . . .	33
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	35
Drüsengewebe . . . . .	35
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	37
Animale Gewebe:	
Muskeln und Sehnen . . . . .	38
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	40
Nervengewebe . . . . .	41
Entwicklung und vergleichende Anatomie . . . . .	43
Entstehung der Organe und der fötalen Eihüllen . . . . .	44
<b>2. Capitel: Die Chemie der Zelle.</b>	
Elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe . . . . .	56
Chemismus der Pflanzen- und Thierzelle . . . . .	58
Die Pflanzenzelle . . . . .	61
Die Thierzelle . . . . .	67
Bildung der organischen Stoffe . . . . .	69
Gährungserscheinungen und Fermentwirkungen . . . . .	70
Fäulniss und Verwesung . . . . .	71
Bestandtheile des Thierkörpers:	
Albuminstoffe . . . . .	71
Produkte der Albuminsynthese . . . . .	76

Produkte der regressiven Metamorphose des Albumins:	Seite
I. Albuminoide . . . . .	77
II. Stickstofffreie Stoffe . . . . .	80
III. Stickstoffhaltige Stoffe . . . . .	83
Die chemischen Vorgänge zeigen in jeder Zelle eigenthümliche Verschie-	
denheiten. . . . .	89
Functionen der anorganischen Zellenstoffe . . . . .	90
Mikrochemie und chemische Lebensthätigkeiten der Zellen und des Eies .	92
Eier der Fische und Amphibien . . . . .	96

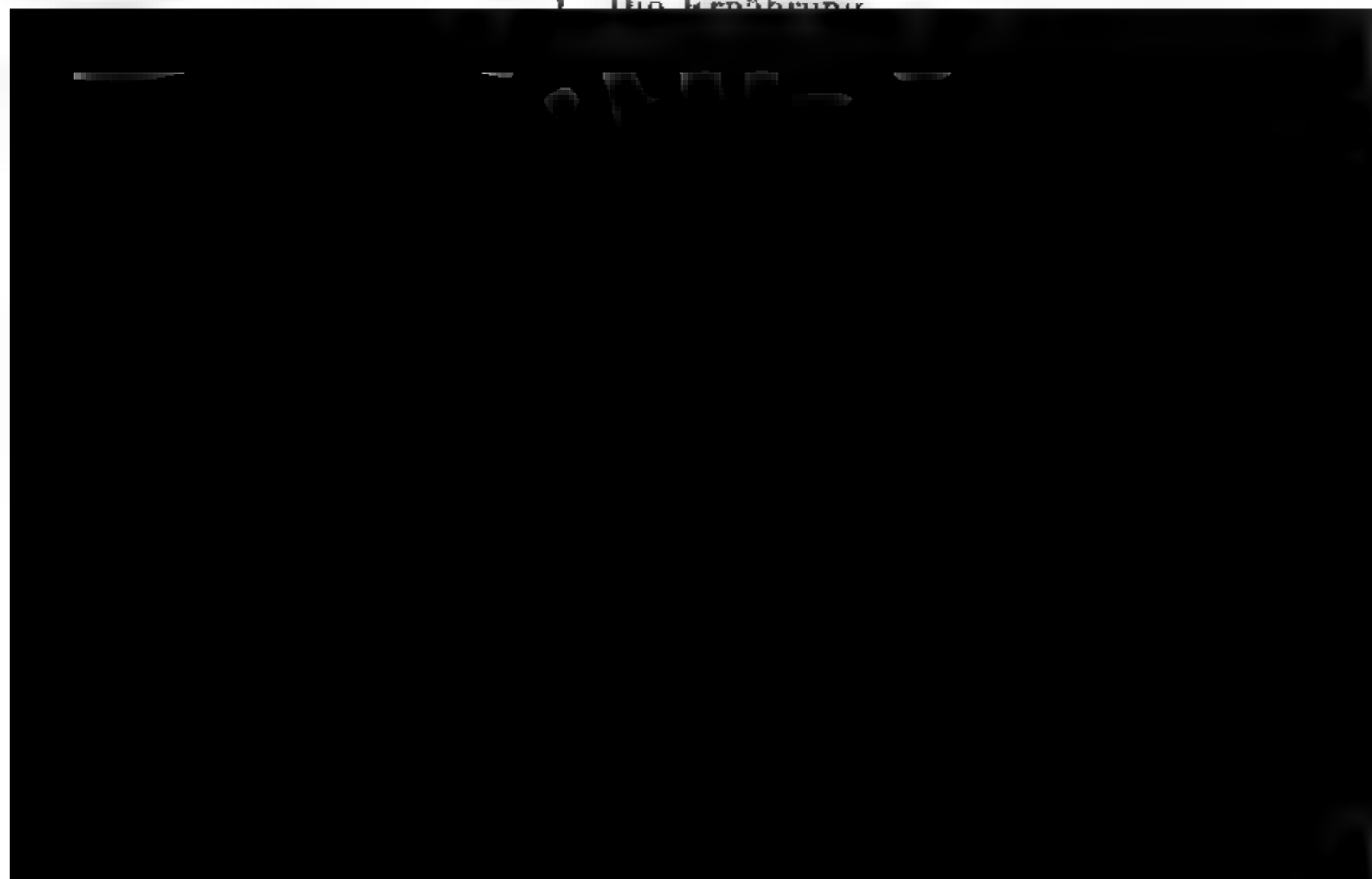
### 3. Capitel: Die Physik der Zelle.

Vom Gesetz der Erhaltung der Kraft . . . . .	98
Mechanische Wärmetheorie . . . . .	103
Vergleichung der Thermometerscalen . . . . .	103
Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetze der Erhaltung der Kraft.	105
Verbrennungswärme. . . . .	109
Die Leistungen des thierischen Organismus beruhen auf dem Stoffwechsel	112
Kraftquellen des Organismus ausser der organischen Oxydation . . . . .	114
Mechanische Arbeitsleistung durch Contractilität der Zellen, Flimmer-	
zellen . . . . .	115
Bedingungen der Contractilität des Protoplasmas. . . . .	119
Bewegung der Flimmereellen . . . . .	120
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	122
Molekularstructur organisirter Gebilde . . . . .	123
Hydrodiffusion, Lösung, Endosmose, Filtration . . . . .	126
Verhalten lebender Membranen und Gewebe (Protoplasma) gegen Flüssigkeiten .	130
Inbibitions-gesetz lebender Gewebe (Zellen). . . . .	132
Gasdiffusion und Absorption im Organismus . . . . .	137
Wechselwirkung der Kräfte im Organismus . . . . .	139
Der Tod der Zelle, Fäulnisserscheinungen. . . . .	143
Der animale Organismus eine Kraftmaschine. . . . .	146

## Specielle Physiologie.

### I. Die Physiologie des Stoffwechsels.

#### I. Die Ernährung



Hygieinische Betrachtungen II:	Seite
Freiwillige Veränderungen des Fleisches . . . . .	177
Wurstgift . . . . .	178
Zur Untersuchung des Fleisches (Trichinen) . . . . .	178
Getreide und andere vegetabilische Nahrungsmittel . . . . .	179
Mehl, Hülsenfrüchte, Kartoffeln, Olive . . . . .	179
Hygieinische Betrachtungen . . . . .	182
Brod, Stärkemehl, Zucker, Obst, Gemüse. . . . .	182
Gerichte und Kochkunst . . . . .	185
Freiwillige Veränderungen und Untersuchung . . . . .	185
Die Beimischung metallischer Stoffe zu den Nahrungsmitteln. Kochgeschirre . . . . .	186
Die Genussmittel . . . . .	188
Gewürze . . . . .	192
Verfälschungen der Genussmittel. . . . .	192

## 5. Capitel: Die Gesetze der Ernährung.

Was ist nahrhaft? . . . . .	194
Die Körperzustände in Beziehung auf die quantitativen Verhältnisse der Organe, Organwägungen . . . . .	196
Die Bedeutung der Nährstoffe . . . . .	197
Zur Entwicklung der Ernährungslehre. . . . .	198
Das dynamische Gleichgewicht der Organe . . . . .	206
Die Gesetze des Stoffwechsels . . . . .	209
Die mechanische Ernährungstheorie . . . . .	211
Thätigkeitswechsel der Organe . . . . .	213
Geschmacks- und Geruchssinn als Ernährungsfactoren . . . . .	213
Verbrennung im Blut, Luxusconsumption. . . . .	214
Circulirendes und Organeiwiss . . . . .	214

### Ernährungsversuche. I. Gruppe:

Fleischnahrung, Nahrung mit Hülsenfrüchten, Peptonen, Nuclein, Lecithin	216
Hungerzustand . . . . .	219
Fettnahrung. . . . .	222
Ernährung mit Zucker, Stärke, Leim . . . . .	224
Kohlehydratstoffwechsel des Gesamttieres und seiner Organe. . . . .	226
Einfluss anorganischer Stoffe und Extractivstoffe auf die Ernährung . . . . .	226
Säftestrom im Fieber . . . . .	228

### Ernährungsversuche. II. Gruppe:

Einfluss der Temperatur des Organismus auf seinen Stoffumsatz . . . . .	229
Einwirkung des Lichts auf den Stoffwechsel. . . . .	230
Einwirkung der Muskelarbeit auf den Stoffwechsel. . . . .	231
Einwirkung der verschiedenen Verhältnisse der Organe auf den Stoffwechsel	231
Nahrungsmenge . . . . .	231
Verschiedene Ernährungsweisen. . . . .	234
Volksernährung . . . . .	235
Ernährung der Truppen . . . . .	237
Ernährung in Anstalten und Familien . . . . .	241
Gefangenenanstalten . . . . .	241
Ernährungsart als Krankheitsursache. Ernährung der Armen . . . . .	243
Fettleibigkeit und Magerkeit. Mästung . . . . .	244
Krankenkost . . . . .	245
Lebensalter und Ernährung . . . . .	246
Nahrung mancher niederer Thiere . . . . .	247
Nahrungsbedürfniss, Hunger, Durst . . . . .	248
Untersuchungsmethode . . . . .	250
Nährwerthtabellen der Nahrungsmittel . . . . .	252

## 6. Capitel: Veränderungen der Nahrungsstoffe in der Mundhöhle.

Verdauung im Allgemeinen . . . . .	255
Intermediärer Säftestrom . . . . .	255
Resorption . . . . .	256
Diffusion. . . . .	257
Uebersicht über den Bau der Verdauungsorgane . . . . .	257
Anatomie der Mundhöhlenschleimhaut und ihrer Drüsen . . . . .	258

Absonderung der Speicheldrüsen . . . . .	
Zur Theorie der Drüsenabsonderung und Muskelreizung . . . . .	
Reizung der Speicheldrüsenerven. . . . .	
Bestandtheile des Speichels und seine Menge . . . . .	
Physiologische Wirkungen des Speichels . . . . .	
Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre I) . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte der Drüsen der Mundhöhle . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	
Krankhafte Veränderungen des Speichels und Untersuchungsmethoden . . . . .	

## 7. Capitel: Der Verdauungsvorgang im Magen.

Schlund und Speiseröhre . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	
Der Magen, die Magenschleimhaut . . . . .	
Nerveneinfluss auf die Magensekretion. Gewürze . . . . .	
Das Sekret des Magens und seine Wirkung . . . . .	
Pepsin und Peptone . . . . .	
Entstehung der freien Säure des Magensaftes . . . . .	
Ueber Selbstverdauung des Magens. . . . .	
Hilfsvorgänge der Magenverdauung. Chymus. . . . .	
Magengase . . . . .	
Hygienische Betrachtungen. Verdaulichkeit . . . . .	
Magenfistelversuche am Menschen . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte der Magen- und Darmschleimhaut und ihrer Functionen. . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie der Magenverdauung . . . . .	
Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre II) . . . . .	
Aerztliche Betrachtungen und Untersuchung der Magenkontenta. Erbrochenes. . . . .	

## 8. Capitel: Verdauungsvorgänge im Darm.

Der Dünndarm ist das Hauptverdauungsorgan . . . . .	
Darmschleimhaut und Darmsaft . . . . .	
Historisches über den Darmsaft . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Pankreas . . . . .	
Bauchspeichel . . . . .	
Chemie der Pankreasdrüse . . . . .	
Wirkung des Bauchspeichels . . . . .	
Historische Bemerkungen . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Zur ärztlichen Untersuchung . . . . .	
Das Sekret der BRUNNER'schen Drüsen . . . . .	
Die Leber. . . . .	
Chemische Bestandtheile der Leberzellen . . . . .	
Glycogenbildung in der Leber. . . . .	
Harnstoffbildung in der Leber . . . . .	
Die Galle. . . . .	
Die Gallenabsonderung . . . . .	
Die Gallenbildung . . . . .	
Einfluss der Nahrung auf die Leberthätigkeit. Gallenmenge. . . . .	
Mitwirkung der Galle bei der Verdauung . . . . .	
Historische Bemerkungen . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie . . . . .	
Zur ärztlichen Untersuchung. Leberprobe. Gallensteine . . . . .	
Verdauung im Dickdarm . . . . .	
Der Koth . . . . .	
Zur Untersuchung des Koths . . . . .	
Die Salze des Koths . . . . .	
Die Gase des Darms . . . . .	
Hygienische Bemerkungen. Desinfection der Darmentleerungen. Kloakenflüssigkeiten und Trinkwasser . . . . .	

## I. Capitel: Die Mechanik der Verdauung. Chylus und Lymphe.

## 1. Bewegung der Nahrungsstoffe im Nahrungsschlauch.

Allgemeine Uebersicht . . . . .	344
Mechanik der Mundverdauung. . . . .	344
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	348
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	348
Die Zähne . . . . .	349
Zur Entwicklungsgeschichte der Zähne . . . . .	352
Zur ärztlichen Untersuchung. Zahndurchbruch und Zahnwechsel. . . . .	352
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	353
Die Bewegung des Kiefers und der Schluckakt . . . . .	354
Zur vergleichenden Physiologie und Anatomie . . . . .	355
Nervöse Einflüsse auf Kauen und Schlucken . . . . .	356
Die Magenbewegungen . . . . .	357
Die Muskularis des Magens und der Därme . . . . .	357
Zur vergleichenden Anatomie des Magen- und Darmcanals . . . . .	360
Die Dünndarmbewegungen. Splanchnikus . . . . .	364
Die chemische Ursache der Darmbewegungen. Bauchpresse . . . . .	363
Zur Entwicklungsgeschichte des Darms . . . . .	364
Das Rectum. Tonus der Sphincteren . . . . .	365

## 2. Resorption der Nahrungsstoffe ins Blut.

Endosmose und Filtration im Darm . . . . .	366
Bau der Darmzotten . . . . .	367
Der Mechanismus der Aufsaugung durch die Zotten . . . . .	369
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	370
Fettresorption . . . . .	374
Betheiligung der Blutkapillaren an der Resorption . . . . .	372
Ärztliche Bemerkungen. Resorption im Dickdarm. Ernährende Klystiere . . . .	373

## 3. Die Lymphe und der Chylus.

Bau der Chylus- und Lymphgefäße . . . . .	373
Bau der Lymphdrüse . . . . .	376
Zusammensetzung des Chylus und der Lymphe . . . . .	378
Die Menge der Lymphe . . . . .	380
Lymphgefäßsteln . . . . .	384
Gase der Lymphe . . . . .	384
Nerveneinfluss auf die Lymphabsonderung . . . . .	384
Zur historischen Entwicklung der Lehre von der Lymphe und der Lymphauf- saugung . . . . .	382
Endosmose . . . . .	382
Bewegung der Lymphe in den Lymphgefäßen . . . . .	382
Ärztliche Bemerkungen. Turgor. Oedem . . . . .	383
Pathologische Transsudate . . . . .	384
Gewebswasser . . . . .	384
Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie . . . . .	384

## II. Das Blut.

## 10. Capitel: Das Blut und die Blutdrüsen.

Allgemeine Functionen des Blutes . . . . .	386
Physikalische Analyse des Blutes. Blutkörperchen . . . . .	387
Historische Bemerkung . . . . .	390
Ueberwanderung weisser Blutkörperchen in die Lymphgefäße . . . . .	390
Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie der Blutkörperchen. . . . .	394
Ärztliche Bemerkungen . . . . .	392
Zur Technik der Blutanalyse. Blutkörperchenzählung . . . . .	392
Chemie des Blutes (ohne die Blutgase) :	
Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen . . . . .	393
Chemische Bestandtheile der weissen Blutkörperchen . . . . .	396
Das Plasma des Blutes . . . . .	397
Das Blutserum . . . . .	399

	Seite
Das Gesamtblut. . . . .	404
Zur Entwicklungsgeschichte der chemischen Blutbestandtheile . . . . .	402
Zur vergleichenden Physiologie des Blutes . . . . .	402
Gase des Blutes . . . . .	403
Das optische Verhalten des Hämoglobins . . . . .	406
Zur Untersuchungsmethode, das Spectroskop . . . . .	409
Verschiedenheiten in der Blutzusammensetzung . . . . .	410
Arteriellcs und venöses Blut . . . . .	410
Verschiedene Einflüsse auf seine Zusammensetzung . . . . .	412
Die Stoffvorgänge im lebenden Blute . . . . .	413
Die Entstehung der rothen Blutkörperchen . . . . .	415
Die Blutdrüsen, die Bildungsstätten der rothen Blutkörperchen:	
Die Milz . . . . .	417
Blutkörperchen des Milzvenenblutes. . . . .	420
Die chemische Zusammensetzung des Milzgewebes . . . . .	420
Grösse der Milz . . . . .	420
Milzblut . . . . .	421
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	421
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	421
Die Schilddrüse. Thyreoidea . . . . .	422
Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie . . . . .	422
Die Thymus. . . . .	423
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	423
Nebennieren, Gehirnanhang, Steissdrüse . . . . .	423
Das Knochenmark . . . . .	423
Diapedesis . . . . .	424
Die Gesamtblutmenge. . . . .	425
Die Blutvertheilung . . . . .	427
Aerztliche und hygienische Bemerkungen. . . . .	430
Die Blutmengenbestimmung, Blutverluste, Aderlass und Transfusion . . . . .	434
Verhalten des Blutes gegen giftige Gasarten . . . . .	433
Nachweis des Blutes, Blutuntersuchung . . . . .	435
Aerztliche Bemerkungen, Blut in Krankheiten . . . . .	437

## 11. Capitel: Die Blutbewegung.

### 1. Das Herz.

Allgemeine Beschreibung der Blutbahn . . . . .	439
Entdeckung des Kreislaufs . . . . .	441
Physiologische Anatomie des Herzens . . . . .	442
Chemie des Herzfleisches. . . . .	445
Die Bewegungen des Herzens . . . . .	445
Form- und Lageveränderung des Herzens bei der Contraction . . . . .	448
Zur Untersuchungsmethode . . . . .	448
Herzklappen und ihr Schluss . . . . .	449
Herztöne . . . . .	450
Mechanische und chemische Einflüsse auf die Herzbewegung. Aerztliche Bemerkungen . . . . .	451
Die nervösen Bewegungskentren im Herzen . . . . .	452
Einwirkung der Wärme auf die Herzbewegung . . . . .	453
Die Herznerven . . . . .	454
Zur Anatomie der Herzganglien und Nerven . . . . .	456
Zur Entwicklungsgeschichte des Herzens . . . . .	457
Zur vergleichenden Anatomie des Herzens und der Blutgefässe . . . . .	459

## 12. Capitel: Die Blutbewegung.

### 2. Die Blutgefässe.

Nerveneinfluss auf die Weite der Blutgefässe . . . . .	463
Aerztliche Bemerkungen . . . . .	465
Die active Contractilität der Arterien . . . . .	465
Die vasomotorischen Nerven. . . . .	465
Der anatomisch-physiologische Bau der Blutgefässe . . . . .	465
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	469
Der Blutkreislauf unter dem Mikroskop . . . . .	470

## I. Allgemeine Inhalts-Anzeige.

XIII

	Seite
Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren . . . . .	472
Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren . . . . .	474
Wasser's Kreislaufschema . . . . .	475
Die Blutbewegung . . . . .	476
Aerztliche Bemerkungen. Blutentziehung. . . . .	479
Herzarbeit . . . . .	480
Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Gefässen . . . . .	481
Methoden zur Bestimmung der Blutgeschwindigkeit . . . . .	483
Die Kreislaufszeit . . . . .	483
Der Puls . . . . .	485
Apparate zur Pulsmessung . . . . .	486
Eigenschaften des Pulses für die ärztliche Beobachtung . . . . .	487
Pulsfrequenz, Kreislaufszeit und Blutmenge. . . . .	489
Accommodationserscheinungen an den Blutgefässen . . . . .	490
Das Volum des Herzens und die Weite der grossen Arterien. — Pubertäts- entwicklung des Herzens . . . . .	490
Accessorische Einwirkungen auf die Blutbewegung, namentlich in den Venen . . . . .	494
Lymphbewegung . . . . .	496
Zur Entwicklungsgeschichte des Gefässsystems . . . . .	496

## III. Ausscheidungen aus dem Blute.

### 3. Capitel: Die A t h m u n g.

#### 1. Lunge und Athembewegungen.

Begriff der Athmung . . . . .	498
Der Bau der Lunge . . . . .	498
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	503
Die Placenta . . . . .	504
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	505
Chemie des Lungengewebes und der Pleuraflüssigkeit . . . . .	506
Die Athembewegungen . . . . .	507
Messapparate der Athembewegung. . . . .	512
Athemgeräusche . . . . .	513
Luftdruck im Thorax . . . . .	518
Gaserneuerung in den Lungen . . . . .	514
Die Frequenz der Athemzüge und der Nerveneinfluss auf die Athmung . . . . .	514
Aerztliche Bemerkungen. Dyspnoe, Asphyxie, künstliche Respiration . . . . .	517
Bewegungen der Lungen, Husten. . . . .	519
Betheiligung der luftzuleitenden Organe an der Athmung. . . . .	520
Zur ärztlichen Untersuchung. Auswurf, Sputum . . . . .	520

### 14. Capitel: Die A t h m u n g.

#### 2. Die Chemie des Gaswechsels.

Theorie der Athmung . . . . .	522
Historische Bemerkungen . . . . .	524
Apparate zur Bestimmung der Respirationsausscheidung . . . . .	527
Quantitative Verhältnisse der Athemgase . . . . .	528
Lebensalter und Athmung . . . . .	533
Nahrung und Athmung. . . . .	534
Temperatureinflüsse auf die Athmung . . . . .	534
Wirkung gesteigerter oder verringerter Muskelarbeit auf die Athmung . . . . .	536
Chemie der Athmung im Fieber . . . . .	538
Blutkörperchen und Sauerstoffaufnahme. Weitere Luftveränderungen bei der Athmung. . . . .	538
Zur Entwicklungsgeschichte der Athmefunktionen. Athmung der Eier. . . . .	544
Zur vergleichenden Physiologie. Winterschlaf . . . . .	542
Die Hautathmung und Darmathmung. . . . .	548
Zur vergleichenden Physiologie . . . . .	545
Gewebsathmung, innere Athmung . . . . .	545
Einfluss des Luftdrucks auf die Athmung und das Allgemeinbefinden . . . . .	548

	Seite
Allgemeine Experimentalergebnisse . . . . .	548
Verminderter Luftdruck . . . . .	549
Gesteigerter Luftdruck . . . . .	550
Ventilation . . . . .	553
Methode der Kohlensäurebestimmung in der Luft . . . . .	557
Anhang. Beeinflussung der Athmung durch verschiedene Gase und Dämpfe . . . . .	560
Theorie der Bergkrankheit . . . . .	560

## 15. Capitel: Die Nieren und der Harn.

Der Harn . . . . .	564
Die Nieren und Harnwege . . . . .	562
Ueber den Bau der harnleitenden Organe . . . . .	567
Zur Entwicklungsgeschichte der Harnorgane . . . . .	568
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	570
Chemisch-physiologische Vorgänge in der Niere . . . . .	574
Die physikalischen Bedingungen der Harnausscheidung . . . . .	573
Harn gas e . . . . .	574
Die Chemie des Harns . . . . .	576
Organische Harnbestandtheile . . . . .	577
Anorganische Harnbestandtheile . . . . .	580
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	584
Historische Bemerkungen . . . . .	585
Harnanalyse und ihr Werth für den Arzt . . . . .	586
Harnsedimente, ihre Entstehung und Untersuchung . . . . .	605
Schema zur Mikroskopie der Sedimente . . . . .	607
Harnsteine und ihre Bestimmung . . . . .	610
Zufällige Harnbestandtheile . . . . .	612
Systematischer Gang der Harnuntersuchung für ärztliche Zwecke . . . . .	613

## 16. Capitel: Die Haut namentlich als Secretionsorgan.

Schweissbildung und Hauttalg . . . . .	614
Anatomisches über die Haut . . . . .	614
Die Haare . . . . .	617
ihre Entwicklungsgeschichte . . . . .	619
ihre vergleichende Physiologie . . . . .	619
Die Nägel . . . . .	619
Schweissdrüsen, Ohrschmalzdrüsen und Talgdrüsen . . . . .	620
Schweiss und Schweissabsonderung . . . . .	621
Hautthätigkeit bei krankhaften Zuständen . . . . .	623
Die Unterdrückung der Hautthätigkeit . . . . .	625
Die Erkältung . . . . .	626
Resorption durch die menschliche Haut . . . . .	627
Die physiologische Hautpflege . . . . .	627

# Specielle Physiologie.

## II. Die Physiologie der Arbeitsleistung.

### I. Thierische Wärme.

## 17. Capitel: Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.

Wirkung abnorm niedriger und hoher Temperaturen auf den thierischen Organismus . . . . .	634
Die Körpertemperatur des Menschen . . . . .	634
Die Wärmeregulirung des Organismus . . . . .	638
Ärztliche und hygienische Bemerkungen . . . . .	640



## I. Allgemeine Inhalts-Anzeige.

XV

	Seite
Wärmeleitung der Haut . . . . .	643
Die Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch . . . . .	643
Historische Bemerkungen . . . . .	645
Temperaturbeobachtungen für ärztliche Zwecke. Fiebertemperatur . . . . .	647
Die Functionen der Kleider . . . . .	650
Die Heizung . . . . .	653
Brennmaterial . . . . .	653
Die Beleuchtung . . . . .	654

## II. Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.

### Kapitel: Das Skelet und seine Bewegungen. Stimme und Sprache.

Die Maschine des menschlichen Körpers . . . . .	655
Mikroskopischer Bau der Skeletbestandtheile . . . . .	657
Entwicklung des Knochens . . . . .	660
Chemische und physikalische Lebenseigenschaften der Skeletbestandtheile . . . . .	664
Knochenresorption . . . . .	663
Historische Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Frage des Knochenwachstums . . . . .	663
Knorpel und Bänder . . . . .	665
Die Gelenke . . . . .	666
Der Bau des Extremitätengerüsts . . . . .	668
Die Leistungen des menschlichen Bewegungsmechanismus . . . . .	674
Mechanik des Stehens . . . . .	675
Mechanik des Gehens . . . . .	677
Mechanik des Sitzens . . . . .	680
Arbeitsleistung durch Gehen . . . . .	684
Die Wirkung der Stimmbänder . . . . .	682
Die Klangbildung im Stimmorgane . . . . .	685
Die Sprechstimme . . . . .	687
Die Vocale . . . . .	688
Die Konsonanten . . . . .	689
Zur Entwicklungsgeschichte der Stimmorgane . . . . .	690
Beobachtungsmethoden. Kehlkopfspiegel . . . . .	694
Zur vergleichenden Anatomie der Stimmwerkzeuge . . . . .	694

### Kapitel: Mechanik und Chemie der Muskeln.

#### 1. Mechanik der Muskeln.

Allgemeine Wirkungsweise der Muskeln und ihr Bau . . . . .	693
Mikroskopik der Muskelcontraction . . . . .	697
Elasticität und Dehnbarkeit der ruhenden Muskeln . . . . .	699
Die Contractilität des Muskels . . . . .	700
Einfache Muskelzuckung . . . . .	704
Tetanische Muskelzuckung . . . . .	703

#### 2. Die Chemie des Muskels als Bedingung seiner Lebenseigenschaften.

Der Muskel als kraftproducirendes Organ . . . . .	705
Der chemische Bau des Muskels:	
Muskeleiweissstoffe . . . . .	706
Fleischextrakt . . . . .	707
Die glatten Muskeln . . . . .	709
Chemische Vorgänge im ruhenden Muskel . . . . .	709
Muskelrespiration . . . . .	709
Chemische Vorgänge im thätigen Muskel . . . . .	744
Ermüdung . . . . .	744
Zuckungsgrösse bei Ermüdung . . . . .	748
Todtenstarre des Muskels . . . . .	748
Muskelerregbarkeit und Muskelreize . . . . .	749
Das Turnen vom Standpunkte der Gesundheitspflege . . . . .	751
Schwedische Heilgymnastik . . . . .	753

20. Capitel: Allgemeines aus der Nervenphysiologie und chemische Physiologie der motorischen Nervenapparate.

Allgemeine Wirkungsweise der motorischen Nerven . . . . .	
Zur Anatomie der motorischen Nerven . . . . .	
Physikalisch-chemische Nerveigenschaften . . . . .	
Physiologische Aenderungen in der chemischen Nervenzusammensetzung.	
Ursachen der Erregbarkeitsveränderungen . . . . .	
Nervenreize. . . . .	

III. Thierische Electricität.

21. Capitel: 1. Der Muskel- und Nervenstrom.

Allgemeines . . . . .	
Zur Geschichte der thierischen Electricität . . . . .	
Zur Methode . . . . .	
Die Erscheinungsweise des ruhenden Muskel- und Nervenstroms . . . . .	
Negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms und die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven und Muskel . . . . .	
Organströme . . . . .	
du Bois-REYMOND's Theorie der thierischen Electricitätsentwicklung . . . . .	
Chemische Theorien der thierischen Electricität . . . . .	
2. Der electricische Strom in seinen Einwirkungen auf die Lebesenseigenschaften der Gewebe.	
Allgemeines. . . . .	
Electrotonus . . . . .	
Die electricische Reizung, Zuckungsgesetz . . . . .	
Gesetz der isolirten Leitung . . . . .	
Electrotonus des Rückenmarks . . . . .	
Einwirkung des konstanten Stroms auf das Gehirn . . . . .	
Bedeutung des electricischen Stromes für die Nerven und Muskeln . . . . .	
Die electricischen Fische . . . . .	
3. Medicinisch-electrische Apparate und Versuche.	
Konstante electricische Ketten . . . . .	
Electricische Reizapparate. . . . .	
Physiologische und therapeutische Electroden . . . . .	
Motorische Punkte beim Menschen . . . . .	

Physiologie der Sinnesorgane.

22. Capitel: Die allgemeinen Grundlagen der Empfindung.

Hautsinn und Gemeingefühl.

Leitungsgesetze der Nerven . . . . .	
Qualitäten der Empfindung . . . . .	
Erziehung der Seele durch die Sinneseindrücke . . . . .	
Nicht jede Empfindung kommt zum Bewusstsein. . . . .	

I. Der Tastsinn.

Tastorgane und ihre Erregung. . . . .	
Die Empfindlichkeit der Haut . . . . .	
Das Vermögen, die Empfindung zu lokalisiren, Raumsinn. . . . .	

II. Der Temperatursinn

III. Das Gemeingefühl. . . . .

Das Muskelgefühl . . . . .	
Das Gefühl der Ermüdung . . . . .	
Kraftsinn . . . . .	
Gleichgewichtssinn. . . . .	
Das BELL'sche Gesetz. . . . .	

**Capitel: Gesichtssinn.****1. Der Bau des Auges.**

	Seite
Die Functionen des Auges und Uebersicht seines Baues . . . . .	794
Sclerotica und Cornea . . . . .	797
Messung der Augenform und Hornhautkrümmung . . . . .	801
Tunica vasculosa: Choroidea und Iris . . . . .	802
Lage der Iris im Auge. . . . .	806
Nervöser Einfluss auf die Pupille . . . . .	807
Die Retina . . . . .	808
Durchmesser der wichtigsten Netzhautelemente . . . . .	813
Pigmente der menschlichen Retina. Sehpurpur . . . . .	813
Die Krystalllinse. . . . .	816
Der Glaskörper und Zonula Zinnii . . . . .	818
Humor aqueus . . . . .	820
Zur Entwicklungsgeschichte des Auges . . . . .	820
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	822

**2. Die Dioptrik des Auges.**

Einiges über Lichtbrechung in Systemen kugelliger Flächen . . . . .	825
Strahlenbrechung im Auge . . . . .	832
Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut . . . . .	836
Accommodation . . . . .	836
Verschiedenheiten in der Refraction und Accommodation der Augen . . . . .	844
Auswahl der Brillen, Bezeichnung der Myopie und Hypermetropie . . . . .	848
Optometer . . . . .	849
Monochromatische und chromatische Abweichung des Auges . . . . .	849
Astigmatismus . . . . .	849
Farbenzerstreuung . . . . .	851
Entoptische Wahrnehmungen . . . . .	853
Augenleuchten und Augenspiegel . . . . .	856
Zur historischen Entwicklung der Lehre vom Sehen. . . . .	858

**3. Gesichtsempfindungen.**

Die Reizung des Sehnervenapparates . . . . .	859
Die lichtempfindlichen Apparate . . . . .	862
Aerztliche Bestimmung der Sehschärfe. . . . .	865
Farbenwahrnehmungen . . . . .	865
Farbenblindheit . . . . .	869
Intensität und Dauer der Lichtempfindung . . . . .	871
Psychophysisches Gesetz. . . . .	871
Subjective Erscheinungen . . . . .	877

**4. Gesichtswahrnehmungen.**

Die Augenbewegungen . . . . .	877
Stellung des vertikalen Meridians des Auges bei den verschiedenen Augenstellungen	881
Augenmuskeln. . . . .	884
Kopfbewegungen . . . . .	884
Das monokulare Gesichtsfeld . . . . .	884
Grössenwahrnehmung . . . . .	886
Bewegung der Objecte . . . . .	887
Richtungstäuschungen. . . . .	887
Ausfüllung des blinden Flecks . . . . .	888
Richtung des Sehens . . . . .	888
Wahrnehmung der Tiefendimension . . . . .	890
Stereoskope. . . . .	893
Wettstreit der Sehfelder . . . . .	895
Glanz stereoskopischer Objecte . . . . .	896
Fehler in der Beurtheilung von Linienrichtungen. . . . .	896
Das binokulare Doppeltsehen . . . . .	897
Horopter . . . . .	900
Vernachlässigung der Doppelbilder . . . . .	902
Schutzorgane des Auges . . . . .	903

**Capitel: Der Gehörssinn.**

Allgemeines über die Function des Ohres und die Schallempfindungen . . . . .	904
--	-----

Töne und Klänge . . . . .	
Klangfarbe und Analyse der Klänge . . . . .	
Die Kopfknochen, das äussere Ohr und der äussere Gehörgang . . . . .	
Zum Bau des mittleren Ohres . . . . .	
Bau des Trommelfell's . . . . .	
Die Gehörknöchelchen . . . . .	
Schallleitung im mittleren Ohr . . . . .	
Physiologie des Trommelfells . . . . .	
Der Bau des Labyrinths und die akustischen Endapparate . . . . .	
Gang der Schallwellen im Labyrinth und Erregung der akustischen Endorgane . . . . .	
Akustische Eigenschaften der Hörstäbchen . . . . .	
Dämpfung der Schwingungen im inneren Ohr . . . . .	
Hörkraft in verschiedenen Lebensaltern . . . . .	
Die halbzirkelförmigen Canäle . . . . .	
Räumliche Schallwahrnehmungen . . . . .	
Entotische und subjective Schallwahrnehmungen . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte des Ohres . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie des Ohres . . . . .	

## 25. Capitel: Geruchssinn und Geschmackssinn.

### 1. Der Geruchssinn.

Das Geruchsorgan . . . . .	
Zur Entwicklungsgeschichte . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Die Geruchsempfindungen . . . . .	

### 2. Der Geschmackssinn.

Schmecken . . . . .	
Die Zungennerven . . . . .	
Das Geschmacksorgan . . . . .	
Die Schleimhaut der Mundhöhle . . . . .	
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	
Tastempfindung der Zunge . . . . .	
Geschmacksempfindungen . . . . .	
LEYDIG'S sechster Sinn . . . . .	

## Physiologie der nervösen Centralorgane.

## 26. Capitel: I. Rückenmark und Gehirn.

Grösse und allgemeine Ausbildung des Gehirns . . . . .	
Zur vergleichenden Physiologie . . . . .	
Schema des feineren Gehirnbaues . . . . .	
Die Lokalisierung der Funktionen der Grosshirnrinde . . . . .	
Die Reflexe . . . . .	
Die Reflexhemmung . . . . .	
Automatische Centren . . . . .	
Tonus . . . . .	
Zusammenstellung einiger wichtigen Reflexbewegungen . . . . .	
Koordinirte Bewegungen. Die Grosshirnganglien . . . . .	
Leistungswege der Erregung in den nervösen Centralorganen . . . . .	
Chemische Lebensbedingungen der nervösen Centren . . . . .	
Cerebrospinalflüssigkeit . . . . .	
Die Circulationsverhältnisse der nervösen Centralorgane . . . . .	
Schlaf . . . . .	
Die Nerven und der Bau der nervösen Centralorgane . . . . .	
Neuroglia . . . . .	
Die Nervenfasern . . . . .	
Die Nervenzellen . . . . .	
Faserverlauf im Rückenmark . . . . .	
Die Ursprünge der Hirnnerven . . . . .	

	Seite
Zusammenstellung der Functionen der Hirn- und Rückenmarksnerven . .	1016
I. Hirnnerven. . . . .	1016
II. Rückennerven . . . . .	1020
Zur Entwicklungsgeschichte der nervösen Centralorgane und Nerven . .	1021
Zur vergleichenden Anatomie der nervösen Centralorgane und Nerven . .	1022
II. Sympathicus.	
Zum Bau des Sympathicus . . . . .	1027
Zur vergleichenden Anatomie . . . . .	1029
Physiologische Wirkungen des Sympathicus . . . . .	1030
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse über die Sympathicuswirkung.	1032
I. Kopftheil des Sympathicus . . . . .	1032
II. Halstheil des Sympathicus . . . . .	1033
III. Brust- und Bauchtheil des Sympathicus . . . . .	1033
Die Nebennieren . . . . .	1034

## Physiologie der Zeugungsdrüsen.

### 7. Capitel: Die Zeugungsdrüsen. Hoden und Eierstock.

Die Function der Zeugungsdrüsen . . . . .	1035
Der Hoden und sein Sekret . . . . .	1036
Chemie des Hodengewebes . . . . .	1038
Hodensekret, Samen . . . . .	1038
Die Bewegung der Samenfäden . . . . .	1040
Die Entwicklung der Samenfäden . . . . .	1041
Die vergleichende Anatomie der Samenkörper . . . . .	1042
Der Eierstock und das Ei . . . . .	1042
Chemische und ärztliche Bemerkungen . . . . .	1046
Erste Stadien der Entwicklung . . . . .	1046
Entwicklung der Ovarien und Eier . . . . .	1046
Allgemeines über die Eientwicklung der Zeugungsdrüsen beider Geschlechter . .	1048
Zur vergleichenden Anatomie. — 1. Hoden . . . . .	1048
2. Eierstock . . . . .	1049
Eireifung und Menstruation . . . . .	1049
Die Befruchtung. Zeugung . . . . .	1050
Arten der Zeugung . . . . .	1051
Begattungsorgane und Begattung. . . . .	1053
Entwicklung der äusseren Genitalien . . . . .	1054

## II.

### Zusammenstellung

der

## Bemerkungen zu einer physiologischen Gesundheitspflege.

1. Atmosphärische und klimatische Einflüsse auf die Gesundheit.	
1. Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung und das Allgemeinbefinden.	
Verminderter Luftdruck . . . . .	549
Gesteigerter Luftdruck . . . . .	550
Bergkrankheit . . . . .	550. 560
2. Luftgeschwindigkeit im Freien. . . . .	557
Verunreinigung der Gesamtatmosphäre . . . . .	549. 555. 556
3. Wirkung abnorm hoher und abnorm niedriger Temperaturen auf den menschlichen Organismus (kalte und warme Klimate) . . . .	229. 534. 632

4. Kohlensäurebestimmung in der Luft nach v. PETTENKOFER . . . . .	
5. Die Kleidung . . . . .	
Die Leibwäsche . . . . .	342. 628.

II. Beziehungen der Wohnung zur Gesundheit.

1. Der Boden, auf welchem das Haus steht . . . . .	457.
Durchlassungsvermögen des Baugrundes für Wasser (Grundwasser) . . .	
für Gase (Grundluft) . . . . .	
Die Infection des Bodens durch menschliche Abfälle . . . . .	344.
2. Die Baumaterialien, ihre Porosität zum Zwecke natürlicher Ventilation der Wohnräume, der Einfluss der Feuchtigkeit der Mauern . . . . .	
Anlage des Hauses . . . . .	
3. Einrichtung der Abtritte, Kloaken, Gossen, Berieselung. . . . .	344. 555.
Kloakenflüssigkeit . . . . .	
Desinfection des menschlichen Unrathes . . . . .	
— der Luft in Krankenzimmern . . . . .	
— der Wäsche . . . . .	
4. Die Brunnen und das Trinkwasser; Versorgung der Städte und Wohnungen mit Trinkwasser . . . . .	153.
Quellwasser. . . . .	152.
Regenwasser . . . . .	
Flusswasser. . . . .	
Mineralquellen . . . . .	
Verunreinigung des Wassers als Krankheitsursache . . . . .	153.
Nachweis und Bestimmung organischer Stoffe im Wasser . . . . .	153. 158.
5. Luftbedürfniss des Menschen . . . . .	553.
Nöthige Grösse des Wohnraumes (Lufttraumes) . . . . .	
Die Luft in Wohnräumen . . . . .	344.
Ventilation, Luftwechsel:	
Natürliche durch die Wände und Zimmeröffnungen . . . . .	
Durch die Heizung im Zimmer . . . . .	
Künstliche Ventilation . . . . .	
Räucherungen . . . . .	
6. Heizung . . . . .	554. 555.
Heizmaterial . . . . .	
Entstehung des Kohlenoxydes (Kohlendunstes) bei der Heizung . . . . .	
Wirkung des Kohlenoxydes . . . . .	408. 434.
Wirkung kalter Zimmer im Winter. . . . .	
Nasse Füße . . . . .	
7. Beleuchtung. Luftverbrauch der Flamme . . . . .	
Leuchtgas, sein Gehalt an Kohlenoxydgas und daraus folgende Giftigkeit .	

III. Die Ernährungseinflüsse auf die Gesundheit.

A. Nahrungsmittel:

1. Trinkwasser. . . . .	153.
Wasserverbrauch in 24 Stunden . . . . .	
seine Verunreinigungen . . . . .	153.
Nachweis und Bestimmung organischer Verunreinigungen im Trinkwasser . . . . .	154. 158.
Wasserleitungen. . . . .	
2. Milch, ihre Zusammensetzung, Verfälschungen und Verunreinigungen . . . . .	159. 164. 165. 167.
als Krankheitsursache . . . . .	
Milchproben . . . . .	
Milchsurrogat (LIEBIG'sche Kindersuppe) . . . . .	
Butter . . . . .	
Buttermilch . . . . .	
Molke . . . . .	166. 168. 175.
Käse . . . . .	
3. Fleisch, Fleischsorten; Fleischzubereitung, Konservierungsmethoden . . . . .	169.
Fleischinfus (Infusum carnis) . . . . .	174.
Fleischsaft . . . . .	335.
Fleischextrakt (Fleischbrühe) . . . . .	174.

Bouillontafeln . . . . .	176
Die Trichinen im Fleische . . . . .	178
Würste, leuchtende . . . . .	178
Wurstgift . . . . .	178
Drüsengewebe . . . . .	178
Leber, giftig. . . . .	178
4. Fette . . . . .	80. 176
5. Vegetabilische Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel. . . . .	79. 179
Mehl . . . . .	179
giftiges (Mutterkorn) . . . . .	179
Blei im Mehl . . . . .	187
Brod . . . . .	182
Hülsenfrüchte . . . . .	180
Kartoffel . . . . .	181
Gemüse, ihre Zubereitung . . . . .	184
Obst . . . . .	183
6. Genussmittel . . . . .	188
Thee, Kaffee, Chokolade, Tabak . . . . .	188
Tabak, giftiger . . . . .	186
Branntwein, Wein, Bier . . . . .	191. 228. 640
Gewürze . . . . .	192
7. Verdaulichkeit der Speisen . . . . .	289
8. Zusammenstellung der Nahrungsmittel zu Gerichten . . . . .	185
9. Kochgeschirre . . . . .	186
Milchgeschirre . . . . .	167
Wassergefäße . . . . .	155

B. Die Ernährungsweisen:

1. Nahrungsbedürfniss, Hunger, Durst, Sättigung . . . . .	248
2. Hungerzustand . . . . .	219
Eiweiss- und Fleischnahrung . . . . .	216
Fettnahrung. . . . .	222
Ernährung mit Stärke, Zucker, Leim . . . . .	224
Werth der Extractivstoffe und Salze für die Ernährung . . . . .	226
3. Nahrungsmenge . . . . .	231
Kostmaass . . . . .	235
Volksernährung . . . . .	235
Ernährung der Truppen . . . . .	237
Ernährung in Anstalten, Gefängnissen und Familien . . . . .	241
4. Diätetische Kuren . . . . .	244
Fettleibigkeit und Magerkeit. . . . .	244
Lebensalter . . . . .	246
Krankenkost (LIEBIG's Kindersuppe), Ernährung durch Klystiere . . . . .	245. 335
5. Ernährungsweise als Krankheitsursache, Ernährung der Armen . . . . .	248

IV. Einfluss der Reinlichkeit auf die Gesundheit.

1. Hautpflege . . . . .	627
Unterdrückung der Hautthätigkeit (z. B. durch Unreinlichkeit) als Krankheitsursache . . . . .	625
2. Leibwäsche. . . . .	342. 628. 654
3. Wirkung der Bäder . . . . .	650

V. Einige Einflüsse der äusseren Lebensstellung auf die Gesundheit.

1. Turnen und Fusswandern im Vergleich mit sitzender Lebensweise. . . . .	724
Das Sitzen und die Schulbankfrage. . . . .	680
2. Schulluft . . . . .	552
3. Wirkung giftiger Gasarten auf die Gesundheit . . . . .	408. 434. 519
4. Wirkung giftiger Metalle, Arbeiten mit Metallgiften (Maler, Farbenreiber, Anstreicher, Töpfer etc.) . . . . .	186
5. Truppen, ihre Ernährung . . . . .	237
6. Gefängnisse, Ernährung in denselben . . . . .	241
7. Ernährung der Arbeiter . . . . .	237
8. Ernährung verschiedener Lebensalter . . . . .	246
9. Ernährung der Armen . . . . .	243



III.	
Zusammenstellung	
der für den Arzt wichtigsten	
Manipulationen der physiologischen Technik.	
(Medizinische Chemie und medizinische Physik).	
I. Medizinische Chemie und Mikroskopie.	
I. 1)	Titrirmethoden (cf. Harnanalyse) . . . . . S
II. 2)	Untersuchung der Luft;
	Kohlensäurebestimmung in derselben nach PETTENKOFER . . . . .
III. 3)	Untersuchung von Nahrungsmitteln:
4)	Trinkwasser, die mikroskopische Analyse seiner Verunreinigungen .
5)	Nachweis und Bestimmung der im Wasser enthaltenen organischen und unorganischen Verunreinigungen . . . . . 154. 158.
6)	Milchproben, chemische und mikroskopische . . . . .
7)	Untersuchung des Fleisches, Trichinen im Fleische. . . . .
8)	Untersuchung des Fleischextraktes und der Bouillontafeln . . . . .
9)	Untersuchung des Mehls (Mutterkorn) . . . . .
	der Stärke . . . . .
10)	Untersuchung der Genussmittel . . . . . 186.
11)	Kochgeschirre, ihre Untersuchung . . . . .
	Bleinaachweis . . . . .
12)	Ernährungsversuche . . . . . 216.
IV. Verdauungsorgane:	
13)	Mundhöhlenflüssigkeit, ihre Untersuchung . . . . . 259.
14)	Speichelsteine . . . . . 275.
15)	Zahnsteine . . . . .
16)	Ptyalinnachweis . . . . .
17)	Mageninhalt. . . . .
18)	Erbrochenes . . . . .
19)	Pankreassekret, sein Nachweis im Koth. . . . .
20)	Steine im Wirsung'schen Gang. . . . .
21)	Leber- und Galleuntersuchung . . . . .
22)	Metalle in der Leber . . . . .
23)	Leberprobe . . . . .
24)	Galle, Gallenfarbstoff, GMELIN'sche Probe . . . . .
25)	Gallensäuren, PETTENKOFER'sche Probe . . . . . 84.
26)	Cholesterin . . . . .
27)	Gallensteine. . . . .
28)	Darmsteine . . . . .
29)	Kothuntersuchung bei Krankheiten. . . . .
30)	Kothdesinfection. . . . .
31)	Kloakenflüssigkeit . . . . .
V. Untersuchung des Blutes:	
32)	Mikroskopischer Nachweis des Blutes . . . . . 435.
	Blutkörperchenzählung . . . . .
33)	Chemischer Nachweis des Blutes, Häminprobe . . . . .
34)	Blutmengenbestimmung nach WELCKER . . . . .
35)	Hämoglobinprobe, optische . . . . . 407.
36)	Nachweis von Harnsäure im Blute bei Gicht. . . . .
37)	Nachweis von Gallenfarbstoff bei Icterus . . . . .
38)	Nachweis von Kohlenoxyd im Blut . . . . . 484.
	optischer . . . . . 407.

## VI. Untersuchung der Lungen:

Seite

39) Lungenfarbstoff . . . . .	502
40) Lungenasche . . . . .	505
Pleuraflüssigkeit . . . . .	505
44) Bronchialsteine . . . . .	612
42) Auswurf . . . . .	520

## VII. Harnanalyse für ärztliche Zwecke:

Qualitative und quantitative Untersuchung des Harns, der Harnsedimente und Harnsteine.

Harnanalyse, ihr Werth für den Arzt . . . . .	586
43) Systematischer Gang derselben . . . . .	618
44) Harnfarbe . . . . .	565. 589
Blut, Menstrualblut . . . . .	590
Gallenfarbstoff . . . . .	590
Gallensäuren . . . . .	590
Indican . . . . .	590
45) Eiweiss im Harn etc. und anderen Flüssigkeiten. Peptone . . . . .	594
46) Zucker im Harn . . . . .	594
47) Harnstoff . . . . .	597
a. Harnstoffkrystalle . . . . .	624
b. Krystalle von salpetersaurem und oxalsaurem Harnstoff . . . . .	624
48) Harnsäure, Murexidprobe . . . . .	602
49) Chlor . . . . .	603
Phosphorsäure . . . . .	604
Schwefelsäure . . . . .	604
50) Schwefelwasserstoffnachweis im Harn . . . . .	605

## Bestimmung der Harnsedimente.

51) a. Harnsaures Natron (Zinkmehl) . . . . .	607
52) b. Phosphorsaurer Kalk . . . . .	607
53) c. Oxalsaurer Kalk . . . . .	608
54) d. Harnsäure . . . . .	608
55) e. Cystin . . . . .	608
56) f. Schleim, Schleimkörperchen und Schleimgerinnsel, Eiter, Fett . . . . .	608
57) g. Blutkörperchen . . . . .	608
58) h. Harncylinder . . . . .	609
59) i. Samenfäden . . . . .	609
60) k. Gährungs- und Fadenpilze . . . . .	609
61) l. Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, Tripelphosphate . . . . .	609
62) m. Tyrosin . . . . .	610
63) n. Harnsaures Ammoniak . . . . .	610
64) o. Phosphorsaurer Kalk . . . . .	610

## Bestimmung der Harnsteine.

(Vergleiche auch qualitative Bestimmung der Harnbestandtheile und Sedimente)

Allgemeine Charakteristik der Harnsteine . . . . .	610
Chemische Untersuchung derselben . . . . .	611
65) a. Harnsäure . . . . .	611
66) b. Harnsaures Kali . . . . .	611
67) c. Harnsaure Magnesia . . . . .	611
68) d. Harnsaures Natron . . . . .	611
69) e. Xanthin . . . . .	612
70) f. Cystin . . . . .	612
71) g. Neutraler oder basisch phosphorsaurer Kalk . . . . .	612
72) h. Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia . . . . .	612
73) i. Kohlensaurer Kalk . . . . .	612
74) k. Oxalsaurer Kalk . . . . .	612

## VIII. Schweissuntersuchung in Krankheiten . . . . . 624

75) Harnstoff im Schweisse . . . . .	624
76) Schweissfarbstoffe . . . . .	624

## II. Medicinische Physik.

Medicinische Electricitätslehre: . . . . .	766
--	-----

a. Konstante electricische Ketten:	S
77) a. GROVE'sche, DANIELL'sche, BUNSEN'sche Kette . . . . .	
b) Electricische Reizapparate.	
78) b. Schlittenmagnetelectromotor . . . . .	
79) c. Schlüssel zum Tetanisiren . . . . .	
80) d. Rotationsapparat, magneto-electrischer. SAXTON'sche Maschine . . .	
81) e. Physiologische und therapeutische Electroden . . . . .	
82) f. Motorische Punkte für die Muskel- und Nervenreizung. . . . .	
83) Flüssigkeitsbewegung in Röhren . . . . .	
84) Pulsmessung, physikalische. Sphygmographen . . . . .	
85) Kymographion . . . . .	
86) Stromuhr . . . . .	
87) Temperaturbestimmung für ärztliche Zwecke . . . . .	
88) Spektroskop . . . . .	
89) Polarisationsapparat . . . . .	
90) Messung und Messapparate der Athembewegung . . . . .	
91) Messapparate der Athemluft . . . . .	
92) Künstliche Respiration . . . . .	
93) Kehlkopfspiegel . . . . .	
94) Myographion . . . . .	703.
95) Ophthalmometer. . . . .	
96) Orthoskop, optisches . . . . .	
97) Dioptrik des Auges. . . . .	825.
98) Glaslinsen . . . . .	
99) Brillen . . . . .	
Cylinderlinsen . . . . .	
100) Optometer . . . . .	
101) Augenspiegel . . . . .	
102) Stereoskope . . . . .	
103) Gesetz der Erhaltung der Kraft . . . . .	
104) Mechanische Wärmetheorie . . . . .	

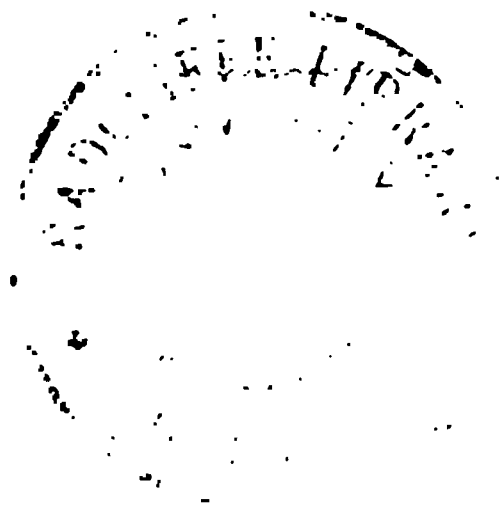


# **Allgemeine Physiologie.**

---

**Die**

**Physiologie der animalen Zelle.**





## **Erstes Capitel.**

# **Von der Gestalt der Zelle, ihrer Entstehung und Umbildung.**

---

### **Schema der Zelle.**

ARISTOTELES, der Begründer der exacten Forschungsmethode in den Naturwissenschaften, sagt in seinem Buche über die Theile der Thiere, dass der Mensch, der Gegenstand unserer fortwährenden Betrachtung, das unbekannteste Naturobject sei in Beziehung auf seinen inneren Bau.

Jene missverstandene religiöse Scheu, welche im Alterthum die Zergliederung des menschlichen Leibes unmöglich zu machen schien, ist dem natürlichen Interesse der Selbsterkenntniss, dem Wissensbedürfniss des Arztes gewichen. Es gab bald kein Naturobject, welches wenigstens in seinen gröberen Verhältnissen so gründlich durchforscht und auch erkannt gewesen wäre, als der Körper des Menschen; schon zu Ende des vergangenen Jahrhunderts schien die Frage nach dem inneren Bau des Menschen vollkommen erledigt.

Unserer Zeit ist es gelungen, da sie mit verbesserten Untersuchungshilfsmitteln von neuem an die Frage herantreten konnte, auch hier einen entscheidenden Fortschritt zu machen. Während man früher bei den betreffenden Untersuchungen nur zu einer grösseren Anzahl verschiedener Elementarformen, aus denen sich der Körper zusammensetzte, gelangte, ist es vor wenig Jahrzehnten geglückt, das allgemeine Formgesetz aufzufinden, nach welchem sich in allen jenen Verschiedenheiten eine überraschende Gemeinsamkeit ergibt.

Die Wissenschaft vom Körper des Menschen, von seinem Bau und seinen Einrichtungen verdankt ihre grossen Fortschritte, die sie in der letzten Zeit zu einer früher ungeahnten Vollkommenheit geführt haben, den vorausgegangenen Entdeckungen der Chemie und Physik. Jede neue Errungenschaft auf jenen Gebieten trägt hier ihre Früchte. Für die Verhältnisse, die wir zuerst zu betrachten haben, war es die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskopes, mit dessen Hülfe die entscheidenden Resultate gewonnen werden konnten.

Die grösste Entdeckung, welche wir dem Mikroskope verdanken, ist zunächst nicht, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte, die, dass es uns mit Hülfe seiner optischen Vergrösserung einen Einblick in eine neue Welt mikroskopisch kleiner Organismen eröffnete; als der grösste Erwerb mit seiner Beihülfe muss

die Erkenntniss der einfachen Elementarstructur des menschlichen Körpers und mit ihm der gesamten organisirten Natur angesprochen werden.

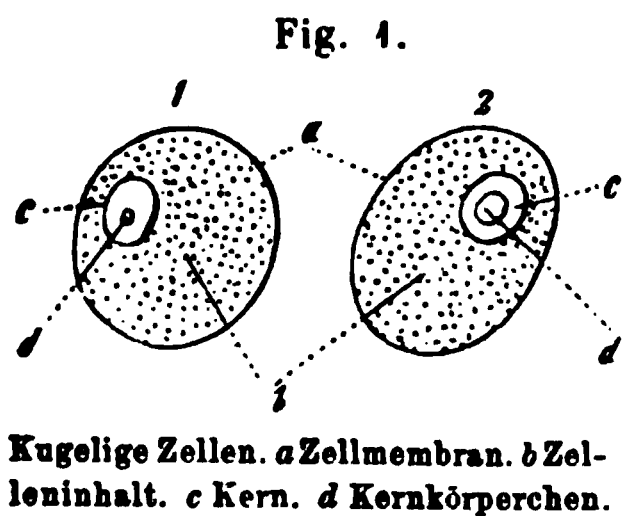
Dem, der sich ein nur annähernd richtiges Bild machen kann von der Mannigfaltigkeit der Thier- und Pflanzenformen, vom Menschen bis hinab zu den kleinen, mit unbewaffnetem Auge nicht mehr sichtbaren Thierchen, von der Eiche bis zu dem mikroskopischen Pflänzchen, muss es im höchsten Grade Erstaunen einflössen, wenn die Wissenschaft lehrt, dass diese Menge ihm so grundverschieden dünkender Erscheinungsformen nach Einem Plane gebaut sei; wenn sie behauptet, dass eine Zusammenhäufung ein und derselben elementaren Grundform von mikroskopischer Kleinheit diese Welt von Mannigfaltigkeiten zusammensetzt.

Die Wissenschaft geht noch weiter, indem sie lehrt, dass jede dieser einzelnen, den thierischen und pflanzlichen Leib aufbauenden Grundformen als ein eigener, im Wesentlichen abgeschlossener Organismus betrachtet werden müsse. Der Organismus des Thieres und der Pflanze hört damit bis zu einem gewissen Grade auf, eine in sich geschlossene Einheit darzustellen. Er ist ein Aggregat jener Grundformen der Organisation, die wir als Grundorganismen oder mit BRÜCKE als Elementarorganismen bezeichnen können. Die Wissenschaft legt ihnen den Namen Zellen bei. Im Folgenden haben wir uns auf die animale Zelle und ihre Betrachtung vor allem zu beschränken.

Die zahllosen, einen irgend grösseren Organismus zusammensetzenden Zellen führen auch in dieser Vereinigung eine unverkennbare Sonderexistenz. Wir sehen sie jede einzeln für sich entstehen, wachsen, sich fortpflanzen, erkranken, zu Grunde gehen, ohne dass der übrige Gesamtorganismus an diesen Einzelschicksalen eines seiner Grundtheilchen weiteren Antheil nehmen müsste. Das individuelle Leben jeder einzelnen Zelle gibt sich in eigenen, besonderen Thätigkeiten zu erkennen. Das Gesamtleben, die Gesamththätigkeiten des grossen Organismus sind aber das Resultat des Einzellebens, der Einzelthätigkeiten aller ihn zusammensetzenden Zellen. Es wird unsere Aufgabe sein, das Leben der Zelle möglichst nach allen Richtungen zuvor zu erforschen, wenn es uns gelingen soll, die Gesamtfunktionen eines grösseren Organismus, in unserem Falle des menschlichen Leibes, kennen und verstehen zu lernen.

Man definirte ursprünglich die Zelle als ein kugeliges, kernhaltiges, mikroskopisches Bläschen (Fig. 4), mit zähflüssigem, vorwiegend aus Eiweissstoffen, Salzen und Wasser bestehendem Inhalt, eine Definition, welche durch die neueren Forschungs-Ergebnisse wesentlich umgestaltet wurde.

Es steht fest, dass alle höheren Thiere in ihren frühesten Entwicklungsstadien ganz und gar aus Zellen bestehen, und dass alle die complicirteren Bildungen ihres Organismus sich aus Zellen entwickeln.



Der Gedanke, dass die zusammengesetzten Bildungen des thierischen Organismus aus gleichartigen belebten Urtheilchen beständen oder wenigstens aus solchen sich herleiteten, ist zuerst theoretisch, in einem gewissen Zusammenhange mit der LEIBNIZ'schen Monadentheorie ausgesprochen worden (E. de Bois-

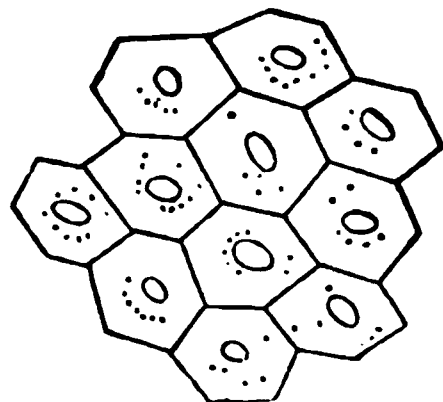


REYMOND). Schon im Jahre 1805 finden wir ihn in dem Werke über Zeugung bei OKEN. Seine Urtheilchen sind Bläschen; in dem Programm über das Universum (1808) sagt er: »Der erste Uebergang des Unorganischen in das Organische ist die Verwandlung in ein Bläschen, das ich in meiner Zeugungstheorie Infusorium genannt habe. Thiere und Pflanzen sind durchaus nichts anderes, als ein vielfach verzweigtes oder wiederholtes Bläschen, was ich auch seiner Zeit anatomisch beweisen werde«. HEUSINGER, PURKINJE und A. F. J. CARL MAYER (in Bonn) kamen auch von theoretischer Seite zur Behauptung des Daseins organischer Urtheilchen, die zum Theil als Infusorien und Zoospermien ein selbständiges Leben führen sollten. BUFFON glaubte, dass diese belebten Urtheilchen sich zu grösseren Organismen (Kleisterälchen) zusammenfügen könnten. VALENTIN hat auf die Realität der Structur der thierischen Organismen aus Bläschen hingedeutet; die volle wissenschaftliche Reife durch Beobachtung erhielt die Zellenlehre im Jahre 1838 durch die Untersuchungen von SCHWANN (»Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmungen in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen«. 1839).

Die Bezeichnung »Zelle« für die Elementarorganismen im Thier- und Pflanzenreich rührt von der Aehnlichkeit her, welche mikroskopische Schnitte junger Pflanzentheile mit einem Flachschnitte durch eine Anzahl zusammenhängender Zellen einer Honigwabe zeigen (Fig. 2). Die an einander gelagerten Pflanzenzellen zeigen vielfältig wie die letzteren im Querdurchschnitt eine ziemlich regelmässige sechseckige Gestalt. Es bekommt dadurch das mikroskopische Bild auch eine gewisse Aehnlichkeit mit einem grobmaschigen Zeuge, das die Bezeichnung Gewebe für eine solche Zusammenordnung von Zellen zu rechtfertigen scheint, obwohl wenigstens bei den animalen Geweben diese Grundform sehr bedeutende Modificationen erleiden kann.

Für ein Bläschen ist eine geschlossene Hülle, eine Haut oder Membran das wesentliche Characteristicum. Wirklich zeigen viele als Zellen angesprochene Gebilde sicher in späteren Stadien ihres Lebens eine hautartige Hülle. Diese Zellmembran zeigt in der Mehrzahl der Fälle auch für unsere besten Mikroskope keine erkennbare Structur, sie scheint vollkommen homogen zu sein. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen auf Thatsachen stossen, die uns zwingend darauf hinweisen, nicht nur dass feine Porenöffnungen in der Zellenhülle enthalten sein müssen, welche den Ein- und Austritt von Stoffen der Zelle vermitteln; ja wir werden Andeutungen treffen, dass eine ganz bestimmte mechanische Anordnung sich finden müsse, welche einen Gegensatz zwischen der Aussen- und Innenfläche in derselben statuirt. Als Andeutung eines feineren Baues der Zellmembran sind die Beobachtungen von radiären Streifungen in den verdickten Membranen einiger Zellen zu nennen, die sich entweder als feine Durchbohrungen erklären oder auf Zusammensetzung der Zellhaut aus senkrecht dicht neben einander stehenden Stäbchen hindeuten. FUNKE und KÖLLIKER haben derartige »Porencanäle« an den die Innenfläche des Darmes der Säugethiere auskleidenden Zellen und zwar an ihrem hellen Grenzsaum, der dem Darmlumen

Fig. 2.



Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo, noch weich wie Epithelium. 350mal vergrössert.

zugekehrt ist, angegeben. O. SCHAEFER beschreibt solche an den Zellen des Rete Malpighii der menschlichen Haut. LUDWIG stellte sie zuerst am Eierstocks-Ei des

Maulwurfs dar (Fig. 3); vielleicht finden sie sich in der Zona pellucida aller Eier der Säugethiere wie des Menschen, welche wir als das Urschema der animalen Zelle kennen lernen werden. KOLLERER erinnert daran, dass an manchen Zellen sogar grössere Oeffnungen vorkommen, die Mikropylen mancher Eier, die Ausmündung einzelliger Drüsen. Die dickwandigen Kapseln der Knorpelzellen können (bei Rachitis) wie bei den verholzten Pflanzenzellen »Tüpfelcanälen« ähnliche Durchbrechungen zeigen.

Fig. 3.



Epithelzellen aus dem Darm, c und b einseitig verdickte Wand mit Porencanälen (nach Ludwig).

Die Zellmembran umschliesst einen bei verschiedenen Zellen sehr verschiedenen eiweissreichen Inhalt, in seiner wesentlichen Masse als **Protoplasma** bezeichnet. Im Allgemeinen zeigt letzteres sich halbflüssig, mehr oder weniger zäh, mit moleculären, körnigen, in manchen Fällen vollkommen regelmässig angeordneten Einlagerungen. Meist findet sich bei lebensfähigen Zellen innerhalb dieses Inhaltes neben den kleineren moleculären Körnchen central oder wandständig stehend ein solider oder bläschenförmiger Kern, der in seinem Innern noch ein oder mehrere kleinere, meist stärker glänzende Körnchen, die sogenannten Kernkörperchen erkennen lässt. Danach pflegte man, wie schon oben gesagt, an dem Schema der Zelle zu unterscheiden: eine kugelig gestaltete, rings geschlossene, bläschenartige Membran mit einer bestimmten, mikroskopisch jedoch bis jetzt kaum nachweisbaren Structur, einen mehr oder weniger dickflüssigen Inhalt meist mit kleinen eingestreuten Körnchen und einem grösseren Kern mit einem oder mehreren Kernkörperchen.

Von diesen die Zelle zusammensetzenden »Organen« kann eines oder das andere mangeln, ohne dass dadurch das Ganze den Charakter der Zelle verlieren

Man darf aber dabei nicht übersehen, dass man nach der neueren Auffassungsweise vielfältig älteren Beobachtungen, die zur Annahme einer Zellenmembran führten, nur eine andere Deutung gibt.

Im Gegensatz zu der Anschauung von der hervorragenden Bedeutung des Zellkerns für das Zellenleben steht eine andere Anschauungsweise, welche als Urtypus aller Organisation «kleine mit Bewegungsfähigkeit ausgestattete Protoplasmaklumpchen» als Elementarorganismen bezeichnet. Der Kern ist danach für die »Zelle« auch nicht erforderlich. Diese Auffassung wurde zunächst von BRÜCKE im Anschluss an die Beobachtungen der Botaniker aufgestellt. In der neueren Zeit wurde sie durch HAECKEL's und CIENKOWSKY's Untersuchungen über kernlose Protisten (z. B. *Protophytes primordialis*) im adriatischen Meer, so wie durch die analogen Beobachtungen M. SCHULTZE's besonders angeregt.

KÖLLIKER nennt das Protoplasma (Cytoplasma) die vorzugsweise lebende Substanz.

Nach HÄCKEL vermehrt sich jener kernlose, nur aus einem Protoplasmaklumpchen bestehende *Protophytes*, also ohne Betheiligung eines Kerns, durch Theilung.

GEGENBAUR ist der Ansicht, dass die complicirten formellen Lebenserscheinungen des Protoplasmas, wenn man es auch anatomisch nicht weiter zerlegen kann, doch der Art seien, dass sie nicht bloß einen complicirteren, in der molecularen Beschaffenheit beruhenden Bau voraussetzen lassen, als wir bis jetzt zu erkennen im Stande sind, sondern dass das Protoplasma darin complicirten Organismen an die Seite gesetzt werden könne.

C. HEITZMANN glaubt an dem Protoplasma (der Amöben, Blutkörper des Flusskrebses, farblosen Blutkörperchen von Triton und vom Menschen, Colostrumkörperchen) mit stärksten Vergrößerungen eine sichtbare netzförmige Struktur nachgewiesen zu haben. Die bekannten Protoplasmakörnchen sind die Knotenpunkte dieses Netzwerks. Den Thierkörper erklärt HEITZMANN für einen gewaltigen Protoplasmaklumpen, in welchem sich »isolirte Protoplasmakörper« (Wanderzellen, weisse und rothe Blutkörperchen) neben nicht im strengen Wortsinn lebendigen Substanzen (Bindegewebe, Fett, Pigmentkörper etc.) eingelagert finden.

Als einfachsten Typus der Organisation spricht man nun ein Protoplasmenklumpchen mit oder ohne Kern: BISCHOFF's kernhaltige Protoplasten oder HÄCKEL's kernlose Cytoden) an. Er ist z. B. bei Pflanzen (Bildung der Schwärmsporen, cf. unten) constatirt. Bei der Lehre von der Entwicklung des Eies werden wir sehen, dass in einem gewissen Stadium nach dem Verschwinden des Keimbläschens und vor dem Neuauftreten des Kerns als Furchungscentrum sein Protoplasma eine kernlose kugelige Masse darstellt, welcher in höchstem Maasse die Entwicklungsfähigkeit innewohnt. Die weiteren Differenzirungen des Leibes dieser »Elementarorganismen« (BRÜCKE) führen zunächst zur Bildung eines »Kernes«, vielleicht zunächst noch ein solider, festweicher Protoplasmatheil, der mehr und mehr an Selbständigkeit gegenüber dem übrigen Protoplasma gewinnt, und sich durch eine eigene Membran abschliessen kann, welche z. B. bei dem Keimbläschen, dem Kern des unbefruchteten Eies, das als eine Zelle auf dem Höhepunkt der formalen Entwicklung betrachtet werden darf, auf das Sicherste nachgewiesen ist. Der Kern gestaltet sich dadurch in ein Bläschen um. Der Kern entsteht aus dem Protoplasma, er liegt stets im Protoplasmaest eingebettet, er ist im Stande, sich wieder zu Protoplasma aufzulösen, er enthält die wesentlichen chemischen Bestandtheile desselben (Eiweisskörper, Nuclein), er ist, da wo er sich findet, ein besonders wesentlicher Theil des Protoplasmas. In diesem Zustande der Differenzirung: Protoplasma mit eingelagertem Kern, scheinen sich die animalen Elementarorganismen vielfältig zu finden, man spricht auch diesen Zustand als einen Jugendzustand der Zelle an. Consequent müssen derartige Gebilde von denen »nackte Zellen« genannt werden, welche zum Begriff der Zelle die Membran als unerlässlich voraussetzen.

Die Stoffe, die den Kern bilden, waren vor seiner Abscheidung in irgend einer Weise im Protoplasma vorhanden, sie können wieder in das Protoplasma zurückkehren. Auch die anderen Differenzirungen der Zelle, die Bildung der Zellmembran und der Zwischenzellenmassen, die Bildung der körnigen und flüssigen Protoplasmaeinschlüsse, die Bildung der Kernkörperchen und zunächst Differenzirungen des Protoplasmas, die Stoffe, aus denen sie bestehen, oder ihre Bildungsmaterien, waren vorher in irgend einer Form im Protoplasma vorhanden. Das

ungeformte Protoplasma der Zelle mit dem Kern, die »vorzugsweise lebende Substanz« KÖLLIKER's, die »Keimsubstanz der Zelle« LIONEL BEALE's (germinal matter), umgibt sich in der Folge des Zellenlebens mit »geformter Materie« (formed material), das mehr erhärtend aus der lebhaften Stoffbewegung des Protoplasmas heraustritt. So entsteht die Zellmembran, die Zellkapsel, die »Zwischensubstanz« des Bindegewebes, in welchen noch neue Differenzierungen chemischer Art, Haut- und Schichtbildungen von abwechselnd verschiedenem Wassergehalt der geformten Materie oder elastischer Erhärtung derselben auftreten können. Es liegt dann in einem verschieden dicken Hof »geformter Materie« der Zellkern in seinem Protoplasma rest eingebettet, welche zusammen immer noch das eigentlich Wesentliche der Zelle darstellen.

Das Protoplasma hat die Fähigkeit, sich mit Flüssigkeiten zu imbibiren oder zu mischen, während des Lebens in nur geringem, wechselndem Grade. In dem Zustande der höchsten Lebensenergie scheidet es activ aufgenommene Flüssigkeiten entweder nach aussen ab, so dass sich dadurch seine Masse verringert, oder die Abscheidung geschieht in das Protoplasma selbst, wodurch dann mit wässriger Flüssigkeit erfüllte Hohlräume im Protoplasma entstehen. Das Protoplasma bekommt dadurch eine Art von zusammengesetztem Bau (BRÜCKE). Durch partielle Contraktionen des Protoplasmas können die wässrigen Inhaltsmassen mit ihren körnigen Einschlüssen hin und her bewegt werden. In Folge innerer Veränderung des Protoplasmas saugt es oft mit einem Mal seine Höhlenflüssigkeiten in sich ein, um sie später langsamer wieder abzuscheiden.

Die ausgebildete, in sich abgeschlossene Zelle lässt sonach (J. SACHS) eine Anzahl concentrisch gelagerter, chemisch und physikalisch verschiedener Schichten: feste, halbfeste, flüssige unterscheiden. In der jugendlichen Zelle, die nur aus undifferenzirtem Protoplasma bestehen kann, ist die Fähigkeit zu dieser Schichtenbildung das Charakteristische.

Es fragt sich aber, ob es zweckmässig ist, so verschiedene Gebilde unter dem einen Namen: Zelle zu vereinigen. Man spricht auch von Larve und vollkommenem Insect als zweierlei, und analog verhält es sich ja mit den Protoplasten oder Cytoden und den daraus sich bildenden Zellen, Zwischensubstanzen, Fasern etc. (v. BIESCHOFF).

### Die Eizelle.

Das reife Ei des Menschen und der Säugethiere wird meist als der Typus der animalen Zellen betrachtet, man nennt es in diesem Sinne Keimzelle.

Das menschliche Ei besitzt vollkommene Kugelgestalt. Sein Durchmesser

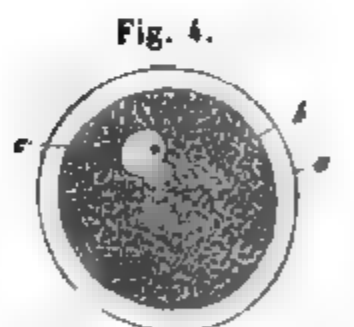


Fig. 4.  
Ovulum des Menschen aus einem mittelgrossen Follikel, 250mal vergr. a Dotterhaut, Zona pellucida, b äussere Begrenzung des Dotters und zugleich innere Grenze der Dotterhaut, c Keimbläschen mit dem Keimfleck.

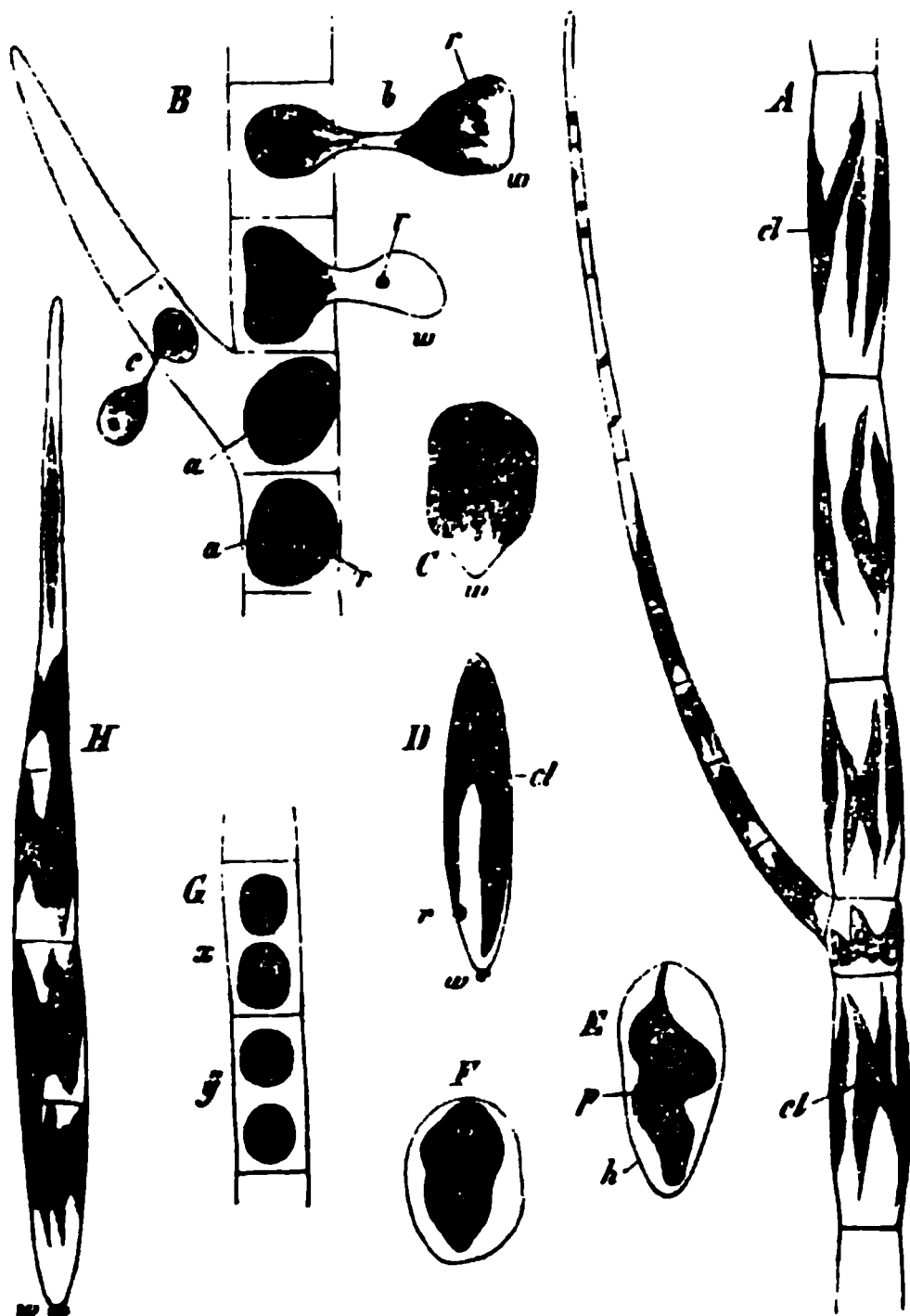
beträgt 0,18—0,2 mm. Sein zähflüssiges, körniges Protoplasma wird als Dottermasse bezeichnet. Sie ist umgeben mit einer ziemlich dicken, farblosen, glasartig durchsichtigen Hülle, der Zona pellucida. Eingebettet in das Protoplasma liegt ein helles Bläschen, das Keimbläschen (40—50  $\mu$ ), das man als Zellkern anzusprechen pflegt. In ihm zeigt sich eine körnige dunklere Masse, der Keimfleck (5—7  $\mu$ ), als Kernkörperchen. Von den anderen animalen Zellen unterscheidet sich das Ei zunächst durch seine bedeutendere Grösse, die es dem unbewaffneten Auge noch sichtbar macht, während fast alle animalen Zellen sonst nur mit Hilfe des Mikroskops zu erkennen sind, im Durchschnitt von 0,01—0,02 mm Grösse.

Neuerdings versuchte man wieder an dieser Auffassung des reifen Säugethier-Eies als Zelle zu rütteln. Nur im ersten Stadium der Bildung, als sogenanntes Primordialei, soll es eine einfache Zelle sein, während an dem reifen Ei die Zona, welche von dem Eiskäckchen abgesondert werde (PFLÜGER), und sogar ein Theil des Dotters als »secundäre« Bildungen angesprochen werden (CAP. 27). GÖRTE erklärt

das Ei für keine Zelle, sondern geradezu für eine unorganisirte Masse. Nach seinen Beobachtungen am *Bombinator igneus* entsteht das Ei dieser Thiere nicht aus einer Zelle, sondern durch Verschmelzung mehrerer Zellen, und der Dotter bildet sich durch Absonderung der Eifollikelwand. His lehrt (gegen GEGENBAUR und WALDEYER), dass bei Fischeiern ein Theil des Dotters aus in das Ei eingewanderten Binde-substanzzellen des Eierstocks abstamme. Der Säugethierdotter differenzirt sich in einem homogenen, mehr flüssigen und einen körnigen Abschnitt, welcher theils dunkle fettähnliche Kugeln verschiedener Grösse, theils kleinste, blasse Körnchen zeigt; PFLÜGER vermuthet auch einen functionellen Unterschied beider Dottermassen. v. BISCHOFF hält an der Deutung des Keimbläschens als erster Zelle fest, alles Andere seien sekundäre, diese wahre Keimzelle umlagernde Bildungen. Das reife Ei wäre demnach gewissermassen mit einem complicirteren Organismus zu vergleichen. Aber ist nicht wohl jede Zelle ein solcher? Zur Definition einer Zelle führt es keineswegs, dass das Gebilde aus einer Mutterzelle etwa durch Theilung entstanden sei, sehr vielfach entstehen die einfachen Elementarorganismen aus Verschmelzung mehrerer Zellen.

Zur vergleichenden Anatomie. — KOLLIKER nennt einfache Eier solche, die einer einzigen Zelle entsprechen und bei denen der Bildungs- und Ernährungsstoff des Embryo, der Dotter, ganz und gar den Werth eines Zelleninhalts besitze: primärer Dotter. Diese Eier bezeichnet man als holoblastische oder meroblastische (KNAK), je nachdem sie nur aus Bildungsdotter (Säugethiereier) oder aus Bildungsdotter und Nahrungsdotter (Vogeleier) bestehen, daher entweder eine totale oder eine partielle Furchung (cf. unten) zeigen. — Die Eier vieler niederen Thiere aus den Abtheilungen der Würmer, Mollusken, Echinodermen, Polypen schliessen sich dem Typus der Säugethiere an, andere finden wir meroblastisch, noch andere zusammengesetzt. Bei den Insecten entspricht das Ei theils einer einfachen Zelle (Orthoptera, Libelluliden, Puliciden), theils entsteht das Ei durch Zusammentritt mehrerer Zellen. Die eine derselben ist die wahre Eizelle, die sich mit dieser verbindenden bezeichnet man als Keimzellen, andere als Dotterbildungszellen (STEIN) oder Einährzellen (H. LUDWIG). KRYE und WEISMANN sahen mehrfach die letzteren Zellen mit der Eizelle zu einem einheit-

Fig. 5.



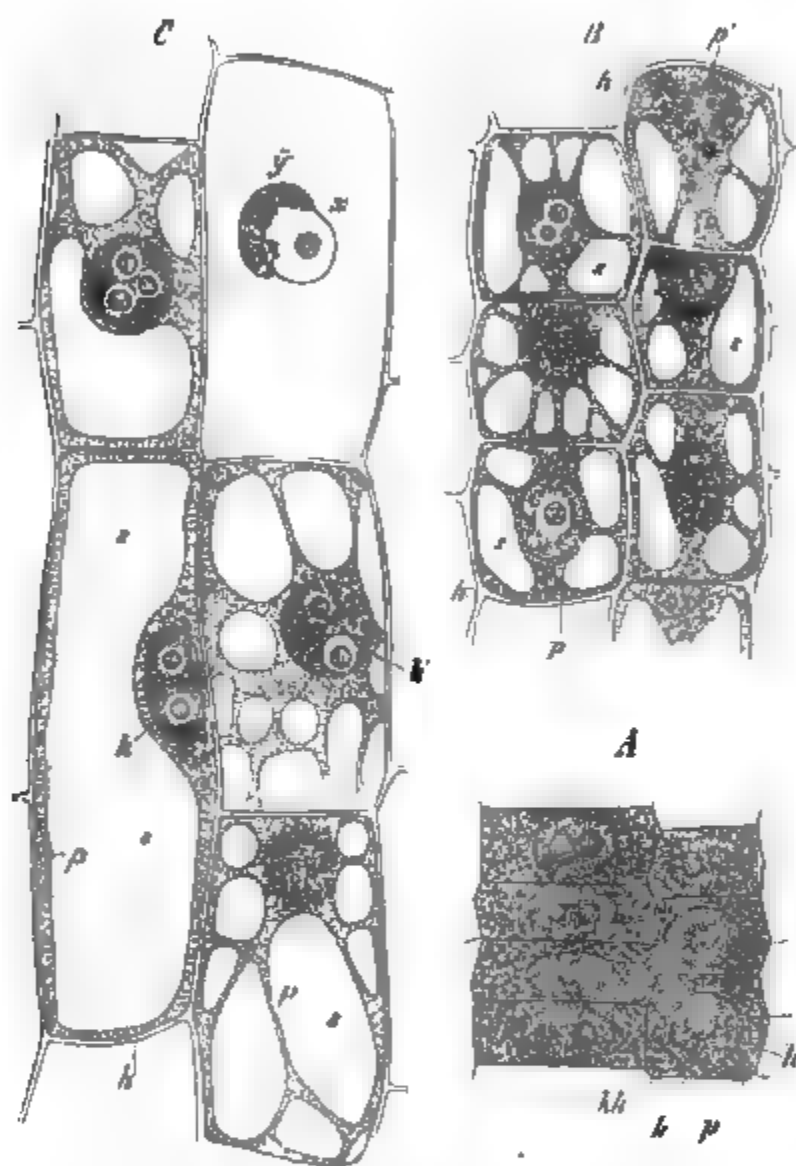
*Stigeoclonium insigne* (nach NÄGELI, Pflanzenphysiolog. Untersuchungen Heft I); A ein aus einer Zellenreihe bestehender Ast der Alge mit einem Seitenzweig; cl sind grün gefärbte Protoplasmagebilde (Chlorophyll), welche dem farblosen, in der Zeichnung nicht sichtbaren Protoplasmaschlauch jeder Zelle eingebettet sind; B die Protoplasmakörper der Zellen contrahiren sich und treten durch Oeffnungen der Zellhäute hinaus; C Schwärmspore noch ohne Haut; D eine solche zur Ruhe gekommen, bei E und F getödtet; das Protoplasma p zieht sich zusammen und lässt die neugebildete Zellhaut h erkennen; H eine junge, aus der Schwärmspore erwachsene Pflanze; G zwei Zellen eines Fadens, die in Theilung begriffen sind. Der Protoplasmakörper jeder Zelle (x und y) ist einstweilen in 2 gleiche Theile zerfallen und durch ein zugesetztes Reagens contrahirt.

Bei den Insecten entspricht das Ei theils einer einfachen Zelle (Orthoptera, Libelluliden, Puliciden), theils entsteht das Ei durch Zusammentritt mehrerer Zellen. Die eine derselben ist die wahre Eizelle, die sich mit dieser verbindenden bezeichnet man als Keimzellen, andere als Dotterbildungszellen (STEIN) oder Einährzellen (H. LUDWIG). KRYE und WEISMANN sahen mehrfach die letzteren Zellen mit der Eizelle zu einem einheit-

lichen Körper verschmelzen. Bei den Aphiden ergiesst sich der Inhalt der Keimzelle besonders hohle Stiele in die Eizelle <sup>HUXLEY, CLAUD, LEYDIG</sup>. Auch bei verschiedenen abtheilungen entsteht das Ei als ein zusammengesetztes Gebilde.

Die Zellen der Pflanzen sind in ihrem Verhalten den thierischen Zellen anhielt früher das Vorkommen einer äusseren Zellmembran aus Cellulose bestehenderen für einen durchgreifenden Unterschied zwischen Pflanzen- und Thierzellen

Fig. 6.



Parenchymzellen aus der mittleren Schicht der Wurzelrinde von *Fritillaria imperialis*; Längsschnitte nach 550maliger Vergrößerung. A dicht über der Wurzelspitze liegende, sehr junge Zellen, noch ohne Zellsaft; B die gleichnamigen Zellen, etwa 2 Millimeter über der Wurzelspitze, der Zellsaft *s* bildet im Protoplasma *p* einzelne Tropfen, zwischen denen Protoplasmae *w* liegen; C die gleichnamigen Zellen etwa 7—8 Millimeter über der Wurzelspitze; die beiden Zellen rechts unten sind von der Vorderfläche gesehen, die grosse Zelle links unten im optischen Durchschnitt gesehen; die Zelle rechts oben durch den Schnitt geöffnet: der Zellkern *k* lässt unter dem Einfluss des eindringenden Wassers eine eigenenthümliche Quellungserscheinung wahrnehmen (*xg*) (BACHS).

durch eine Oeffnung in der Zellhaut entweicht und durch innere Kraft getrieben in umherschwimmt. Während seines Austrittes ist er weich und dehnbar, aber er geworden nimmt er eine specifisch bestimmte, durch innere Kräfte bedingte Gestalt nach einigen Stunden kommt die Schwärmspore zur Ruhe und lässt nun eine Cellulosebrücke erkennen, die ihr anfänglich fehlte, sie beginnt nach weiteren Differenzirungen

zeigt sich auch hier kein Scheidungslinie zwischen Pflanzen- und Thier. Bei niederen Thieren Cellulose mit all ihren von Pflanzenzelle her bekannten Eigenschaften aufgefunden worden, doch Zellmembran. Nach den Untersuchungen von Löwig und Kölliker ihr Vorkommen auf die Thierwelt beschränkt zu sein. Man hat nachgewiesen im Mantel von *Urosalpinx* *mammillaris*, in der knorpeligen Hülle der einfachen Ascidien, in der lederartigen Mantel von *Ascidia* endlich im äusseren Rohr der

Auch bei den Pflanzenzellen das Protoplasma die Hauptbestandtheile ist eiweissreich, hat die Fähigkeit der Contractilität in analoger Weise wie das thierische Protoplasma, seine Zusammensetzung ist bei beiden mit Ausnahme des Eiweisses verschieden, insofern bei der Pflanzenzelle die Cellulose ein gewöhnlicher Bestandtheil ist, die, wie er bei der Thierzelle nur in ganz seltenen Fällen vorkommt. Ausserdem sind Bestandtheile des Zellsaftes in den Reichen meist ziemlich

Die Entstehung der Schwärmsporen der Algen und man zeigt uns die Selbstständigkeit des Protoplasmakörpers von dem Zellwand sehr deutlich. Nach den Untersuchungen von NAGELI zieht bei *Stigeoclonium insignis* (1) mit Zellsaft erfüllte Protoplasmakörper zusammen, lässt das Wasser aus dem Zellsaft austreten und bildet so solide, rundlichen Klumpen



zu wachsen. Die Pflanzenzelle wird also auch wesentlich von dem Protoplasmakörper gebildet, dieser selbst ist eine nackte, primordiale Zelle, er verhält sich zur ausgebildeten Pflanzenzelle wie die Larve zum fertigen Insect, welches sich reicher gegliedert aus jener entwickelt (SACHS). Die Organe der Pflanzenzelle scheiden sich aus dem Protoplasma ab, in welchem sie also vor diesem Abscheiden in irgend einer Weise gelöst waren. Die fertige Pflanzenzelle (Fig. 6) zeigt sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in saftigen Pflanzentheilen zusammengesetzt aus drei concentrisch gelagerten Schichten: zuerst einer äusseren, festen, elastischen, aus Cellulose bestehenden Zellmembran. Dieser liegt im Inneren eine zweite ebenfalls allseitig geschlossene, jedoch nicht einfach bläschenartige Schicht an, deren Substanz aus Protoplasma (MOHL) besteht. Innerhalb dieser zweiten Zellschicht finden sich meist noch andere Protoplasmaportionen als Platten und Stränge. Bei den höheren Pflanzen liegt ausnahmslos in das Protoplasma eingebettet ein rundlicher Körper, chemisch dem Protoplasma sehr ähnlich: der Kern. In jugendlichen Zellen erfüllt Protoplasma und Kern den inneren Zellraum im Protoplasma ganz, später scheidet sich im Protoplasma wässerige Flüssigkeit: Zellsaft aus. Ausserdem kommen in den Zellen der Pflanzen sehr gewöhnlich noch dem Protoplasma zugehörige körnige Einschlüsse vor, von denen die den Pflanzen ihre grüne Farbe ertheilenden Chlorophyllkörper die wichtigste Rolle spielen (SACHS).

### Entstehung der Zelle.

Die Annahme, dass die Zelle als der Grundtypus der Organisation anzusehen sei, fand eine Zeit lang Widerstand von Seite ausgezeichneter Forscher und Gelehrten. Es scheint, dass der Grund dafür in dem anspruchsvollen Gebahren dieser Lehre im ersten Anfange ihres Auftretens zu suchen ist. Sie hatte, obwohl nun auf exacte Forschung und wirkliche Beobachtung gestützt, doch noch etwas von dem Gewande der Naturphilosophie an sich, welche sie der Beobachtung vorgreifend auf speculativer Grundlage aufgestellt hatte. Nach der Lehre OKEN's entstanden die Urbläschen, Infusorien, aus einem flüssigen unorganisirten Bildungsmateriale, das die chemischen Stoffe, aus welchen sich der primitive Organismus zusammengesetzt zeigt, in Lösung erhält. Dieselbe Anschauung wurde von SCHWANN und SCHLEIDEN über die Entstehung der Zelle vorgetragen. Man schien das Geheimniss der Entstehung der Organisation aus den unorganisirten Grundstoffen erschlossen zu haben. Ist man einmal im Stande, die Bildung der Zelle zu erklären, so ist es leicht, durch Vermehrung und vielfache Verzweigung derselben, wie es die Naturphilosophie gethan hatte, die Entstehung der complicirtesten Organismen anschaulich zu machen. Auch die übrigen Lebensvorgänge schienen weniger unbegreiflich, wenn man sie in diese kleinen belebten Urtheilchen verlegen konnte. Dem damals herrschenden Vitalismus schien es, als würde den Lebenskräften, die man die Wunder der Organisation verrichten liess, ihr Geschäft erleichtert gleichsam durch Vervielfältigung der Etappen, durch Kleinheit des Bezirks, in welchem sie feindlichen anorganischen Kräften entgegen die organischen Aufgaben zu erfüllen hätten (E. DE BOIS-REYMOND). Es schien, als wenn das Mikroskop das alte über den Lebenserscheinungen schwebende Dunkel verscheucht hätte. Die mikroskopische Entdeckung der einheitlichen Organisation der Thiere und Pflanzen bringt uns jedoch selbstverständlich, sobald es sich um letzte Erklärungen handelt, um keinen Schritt weiter, mögen wir die Lebenserscheinungen nun in die mikroskopischen Zellen und Zellgebilde verlegen, oder mögen wir uns nur an die Leistungen der grösseren



organisirten Massen halten. Wir (Mikroskopiker) befinden uns, sagt LEYDIG, wie mir dünkt, leider in gleichem Falle mit Einem, der ‚das Leben‘ etwa einer Wiese, eines Waldes eine Zeit lang von einem fernen Standpunkt aus studirte und nun glaubt, es würde sich ihm ein besseres Verständniss von dem Wachsen, von dem Grünwerden, sich Entfärben aufthun dadurch, dass er näher tritt, um die einzelnen, die grünende Fläche zusammensetzenden Pflanzenarten ins Auge fassen zu können. Allerdings wird er jetzt mancherlei interessante neue Beobachtungen machen, aber in der Hauptsache bleibt das Räthsel von vorhin; er steht noch immer vor denselben Fragen, nur mit dem Unterschied, dass er die Veränderungen gegenwärtig an jedem Pflanzenindividuum ebenso gewahrt, wie zuvor an der grossen grünenden Fläche.

Nach SCHWANN's Lehre unterschied man zwei verschiedene Bildungsarten der Zellen: eine sogenannte freie Entstehung und eine Erzeugung unter Betheiligung anderer Zellen, sogenannter Mutterzellen. Bei der ersteren Entstehungsart sollten die Zellen um freientstandene (freie) Kerne in der Bildungsflüssigkeit sich erzeugen.

Man pflegte mit Rücksicht auf die gelehrte freie Entstehung die Zellen mit Krystallen zu vergleichen und nannte die Form der Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe. Man dachte sich die Zelle ebenso durch Niederschläge aus dem flüssigen Bildungsstoffe entstanden, wie die Krystalle sich bilden. Es sollten in der Flüssigkeit, welche die chemische Elementarzusammensetzung der Zelle enthielt — dem Cytoblastem — zuerst Molecularkörnchen entstehen. Einige von diesen kommen näher an einander zu liegen und beginnen damit eine Art Mittelpunkt für die zerstreut umliegenden Körnchen zu bilden. Diese lagern sich von dem Centrum angezogen immer näher kugelig an dieses an. Nach und nach — den Stichwörtern der Entstehungshypothesen — consolidiren sich die im Mittelpunkte liegenden Körnchen mehr und mehr und erhärten zuletzt zum Kerne, der nun als neuer Attractionsmittelpunkt wirkt bis zur Bildung einer vollkommenen Zelle. Nach SCHWANN sollte die freie Zellbildung mit Ausschluss von Mutterzellen im Gegensatz zu den Pflanzen die häufigere Art der Zellbildung bei den Thieren sein.

Den ersten Widerstand erfuhr diese Entstehungshypothese, die mit der *Generatio aequivoca* identisch ist, im Jahre 1840 durch die Erklärung REICHERT's, dass er bei Embryonen nirgends das behauptete Cytoblastem finde. Im Jahre 1844 konnte es KÖLLIKER aussprechen, dass alle Zellen der Embryonen von den Furchungskugeln, den ersten Abkömmlingen der Eizelle, abstammen, was durch REICHERT bestätigt wurde. Den Todesstoss erhielt diese Lehre durch die Untersuchungen VIRCHOW's, vor allem über die Betheiligung der Bindegewebszellen an den pathologischen Zellenneubildungen. Jeden etwa noch bleibenden Zweifel beseitigen endlich die neuen Beobachtungen über die Wanderung von Zellen in den Geweben durch von RECKLINGHAUSEN (Wanderzellen) und die Auswanderung rother und weisser Blutzellen aus den Blutgefässen (STRICKER und COHNHEIM). Die nachgewiesenen Beziehungen dieser Wanderungen der Zellen zur Eiterung entfernte die letzten Stützen, mit denen man die Ansicht von der freien Zellbildung halten zu können hoffte.

Es ist nicht zu läugnen, dass sich die Lehre von der freien Zellbildung auf mikroskopische Beobachtungen zu stützen scheint. Man sieht wirklich unter Um-

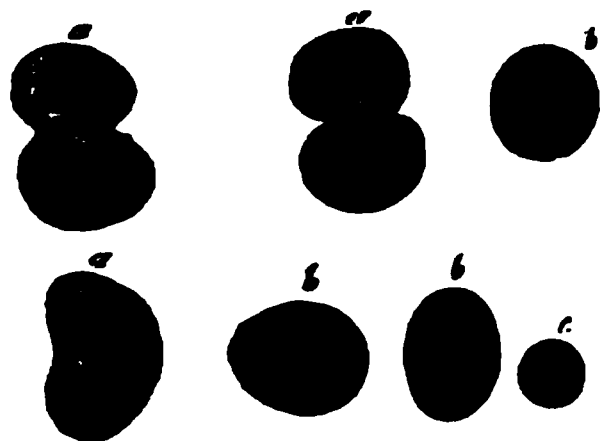
ständen in Flüssigkeiten, welche die gewöhnlichen chemischen Bestandtheile der Zellen enthalten, z. B. in Flüssigkeiten von Brand- oder Vesicatorblasen, mikroskopische Bilder, welche der oben gegebenen Darstellung vollkommen zu entsprechen scheinen. Man darf aber nicht die Stadien eines endlichen Zerfalles nicht mehr lebensfähiger, abgestorbener Zellen in Flüssigkeiten für den Ausdruck einer Neubildung aus den Urstoffen nehmen. Die Auflösung der Zellen hat als Schlussstadium den Zerfall in kleine, moleculare Körnchen, welche sich als letzte Zeugen einer ehemaligen Organisation endlich auch verflüssigen<sup>1)</sup>.

Von dem Gedanken, dass die Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe sei, befreite uns definitiv die Beobachtung, dass die höchst-zusammengesetzten organisch-chemischen Stoffe eine wirkliche Krystallform annehmen können (cfr. Cap. II.)

Die Wissenschaft kennt keine freie von Mutterzellen unabhängige Zellenbildung: *omnis cellula e cellula* (VIRCHOW 1855).

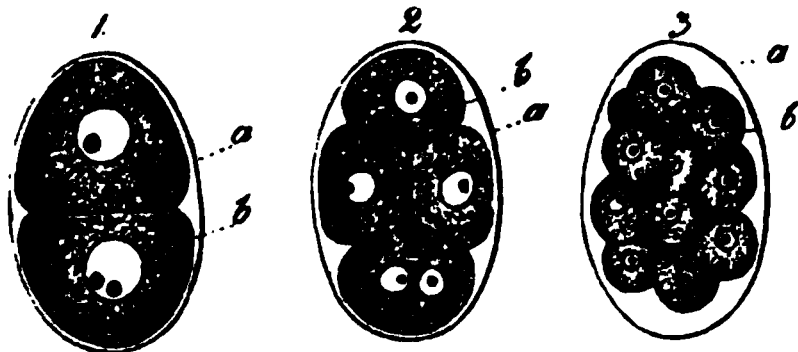
Der wirklich beobachtete Vorgang der Entstehung neuer, junger Zellen erinnert an die Fortpflanzung niederer Thiere. Man kann eine Vermehrung der Zellen durch einfache Theilung und durch endogene Theilung (KOLLIKER) unterscheiden. Der Vorgang der Zellenvermehrung geht von dem Zellkerne aus. Dieser bekommt bei der einfachen Zelltheilung entweder, wie es scheint, eine Furche, die an Tiefe zunehmend ihn endlich in zwei Theile, zwei Kerne zerfallen lässt, oder es löst sich der Kern in dem Protoplasma zuerst auf, und es scheiden sich dann zwei neue Kerne aus (Fig. 7). So entstehen

Fig. 7.



Blutkörperchen in der Entwicklung.

Fig. 8.



Drei Eier von *Ascaris nigrovenosa*, 1 aus dem zweiten, 2 aus dem dritten und 3 aus dem fünften Stadium der Furchung mit 2, 4 und 16 Furchungskugeln; *a* äussere Eihülle, *b* Furchungskugeln. In 1 enthält der Kern der untern Kugel zwei Nucleoli, in 2 die unterste Kugel zwei Nuclei.

man in der Zelle zwei wirksame Mittelpunkte, welche sich in die Gesamtmenge des Protoplasmas theilen. Es geht die vollkommene Trennung der beiden Zellen dann meist so vor sich, dass sich der Zelleninhalt um die Kerne abschnürt, so dass auf diese Weise zwei neue Zellen aus der Mutterzelle entstanden sind. Dieser Theilungsact wurde zuerst von REMAK (1844) von den rothen Blutzellen der Embryonen behauptet. Man findet die rothen, kernhaltigen Blutzellen bei

<sup>1)</sup> Eine andere Anschauung über die Entstehung der Zellmembran bei der freien Zellenbildung dachte sich dieselbe durch Imbibition von Flüssigkeit in der Kernmasse entstanden, wodurch die äusseren Theile von den inneren abgehoben und blasenartig ausgebuchtet würden, wie man derartige Vorgänge durch Einbringen organischer Stoffe in sehr verdünnte wässrige Lösungen künstlich hervorrufen kann (M. TRAUBE).

Embryonen von Hühnern, Säugethieren und vom Menschen in allen Stadien der Kerntheilung und des Zerfalles, mit 4—2—4 Kernen und mehr oder weniger eingeschnürt bis zur gänzlichen Trennung in anfangs noch sehr nahe an einander liegende Zellen. KÖLLIKER, der REMAK'S Angaben bestätigte, konnte die Zelltheilung auch an den Elementen der Milzbläschen, Milzpulpe, den Lymphdrüsen, den Markzellen der wachsenden Knochen etc. nachweisen. Manchmal gestaltet sich der Vorgang etwas anders, und man beschreibt ihn dann als eine Knospen- oder Sprossenbildung. Auch hierbei geht die Theilung von dem Zellkern aus. Es entstehen zuerst an Stelle des einfachen Kernes mehrere, und diese legen sich an verschiedenen Stellen der Zellenwandung an, wodurch diese an den Anlagerungsstellen anfänglich knopfförmig ausgebuchtet wird. Diese Abschnürungen wachsen und trennen sich mehr und mehr von der Mutterzelle ab, die Verbindung mit letzterer wird stielförmig ausgezogen, bis sich endlich die neuentstandene Tochterzelle ganz von der Mutterzelle abgelöst hat.

Die zweite Art der Zellentstehung wird nach KÖLLIKER die endogene Zelltheilung genannt. Er rechnet hierher die Fälle, in denen die Vermehrung der Zellen innerhalb der Zellmembran der Mutterzelle vor sich geht. Hierbei gehört vor allem die Furchung und die Vermehrung der Knorpelzellen, ausserdem noch eine Anzahl pathologischer Vorgänge, bei denen sich aus einer Zelle eine Brut neuer Zellen entwickeln kann, welche einen ganz anderen Charakter erkennen lassen, als die Mutterzelle. Die letzteren Beobachtungen beziehen sich vor allem auf die Bildung von Eiterkörperchen im Zellinhalte der verschiedensten Zellen bei entzündlichen Zuständen (Fig. 9). Es ist wahrscheinlich, dass auch diese Zellbildung auf Zellkerntheilung beruht, wie die beiden angeführten physiologischen Zellbildungen, wenn wir hier nicht an eine Einwanderung der Eiterkörperchen in jene Zellen denken müssen.



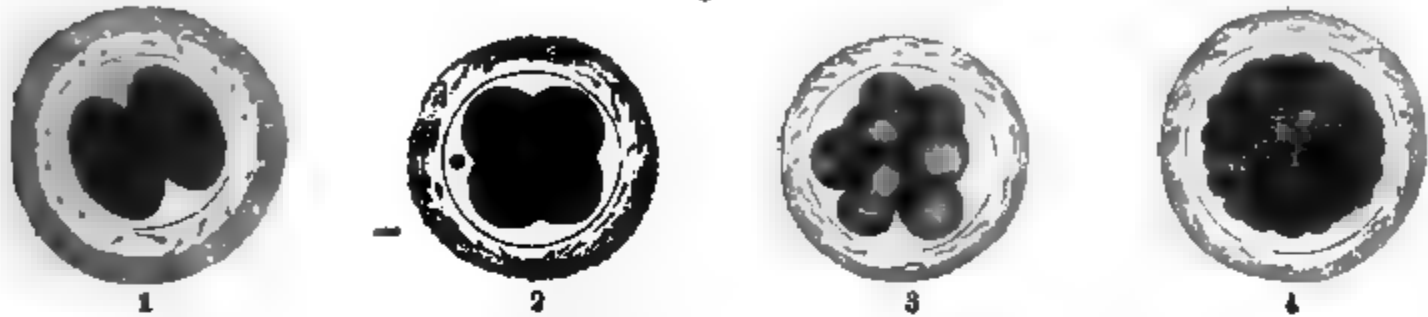
Die Bildung von Eiterkörperchen im Innern von Epithelialzellen aus dem menschlichen und Säugethier-Körper. a Einfache Cylinderzelle des Gallenganges vom Menschen; b eine solche mit 2 Eiterzellen, c mit 4 und d mit vielen dieser Inhaltzellen; e die letzteren isolirt; f eine Flimmerzelle aus den menschlichen Athemwerkzeugen mit einem und g eine Plattenepithelzelle aus der menschlichen Harnblase mit reichlichen Eiterkörperchen.

Es ist das befruchtete Säugethiereier ein sehr geeignetes Object, um an ihm die Zellvermehrung durch Kernvermehrung zu studiren. Der Vorgang dieser primären Entwicklung wird als Furchung bezeichnet, die aus der Furchung hervorgehenden Zellen als Furchungskugeln oder Furchungszellen. Man sieht zuerst von der Zona pellucida die Dottermasse etwas zurückweichen, das Keimbläschen verschwindet, und es tritt dafür der Folge ein neuer, ebenfalls bläschenförmiger Kern auf (v. BISCHOFF), später erkennt man

zwei Kerne. Um jedes dieser neuentstandenen Centren gruppirt sich ein Theil des Protoplasmas zu einer kugeligen Masse. Indem die Zahl der Kerne dieses neuentstandenen Furchungskugeln sich wieder und wieder verdoppelt und die neuen Kerne zu Anziehungsmittelpunkten für die Dottermasse werden, entstehen zuerst vier, dann acht, dann sechzehn und so fort neue immer kleiner werdende Furchungskugeln (Fig. 10). Diese lassen anfangs keine eigene Zel-

membran erkennen. Zuletzt ist der ganze Inhalt der Eizelle zu einer neuen Brut kleiner, kugelig, stark glänzender Zellen zerfallen, welche zu einem maulbeerförmigen Körper zusammengelagert sind. Aus einem Theile dieser

Fig. 10.



1-4. Eier des Hundes aus dem Eileiter, umgeben von der Zona pellucida oder Dotterhaut, auf welcher bei allen Eiern Samenfäden haften. Nach BUCHNER

1. Ei mit zwei Furchungskugeln und zwei hellen Körperchen neben denselben. Die Zona ist noch von den Zellen der Membrana granulosa umgeben. — 2. Ei mit vier Furchungskugeln und einem hellen Korn innerhalb der Zona. — 3. Ei mit 8 Kugeln. — 4. Ei mit zahlreichen kleineren Kugeln.

Zellen baut sich in der Folge der Embryonalkörper auf. Die Furchungszellen theilen und vermehren sich dabei fort und fort und schliessen sich in verschiedener Weise zusammen, wobei sich Gestalt und Inhalt auf das mannigfachste verändern.

VAN BENEDEN und WEIL behaupteten neuerdings ein Fortbestehen des Keimbläschens im befruchteten (Säugethier-)Ei und hielten die Kerne der Furchungskugeln für seine directen Theilungsprodukte. Dagegen constatirte OELLACHER wieder das Fehlen des Keimbläschens (es werde ausgestossen) in einem bestimmten Stadium der Reife des Hühnerkeim's. AUERBACH's Untersuchungen über die Furchung der Eier der Nematoden scheinen zu beweisen, dass stets die Kerne verschwinden, bevor die Furchungskugeln sich theilen, in der neuentstandenen Furchungskugel entsteht dann ein neuer Kern. AUERBACH sah nach der Befruchtung der Nematoden-Eier das Keimbläschen zuerst schwinden, dann an entgegengesetzten Polen des sich zusammenziehenden Dotters zwei neue wahre Kerne anfänglich als kleine Vacuolen entstehen. Diese Kerne rücken in die Mitte des Dotters einander entgegen, legen sich an einander, verschmelzen und vergehen. Gleichzeitig entwickelt sich eine coöförmige helle Centralpartie im Dotter: Karyolytische Figur AUERBACH's, deren kugelförmige Enden strahlenförmig, sonnenähnlich ausgezackt erscheinen. Nun beginnt die Theilung der ersten Furchungskugel, und es entstehen jederseits analog wie der erste Kern zwei neue Kerne im Verbindungsstück der »Doppelsonnen«. Vor der weiteren Theilung der Furchungskugeln verschwinden dann stets die Kerne der letzteren wieder, und es wiederholt sich der für die erste Furchungskugel beschriebene Vorgang mit Bildung der karyolytischen Figur. Diese Vereinigung der Kerne vor der Neuordnung des Protoplasmas erinnert an die Befruchtungsvorgänge der Keimzellen, sie erscheint als eine Art von innerer Befruchtung, eine Auffassung, welche für die gesammte Lehre der Zellvermehrung neue Bahnen zu eröffnen scheint. Wir erinnern an die oben schon angeführten Beispiele von Verschmelzung mehrerer Zellen zu dem neuen Elementarorganismus von höherer Entwicklungspotenz.

Nach analoger Richtung deuten auch andere noch nicht vollkommen aufgeklärte Beobachtungen. Nach BALBIANI lässt sich in dem Ei fast aller Thierklassen auf einem gewissen Stadium der Reife neben dem Keimbläschen noch ein etwas kleinerer, mehr excentrisch gelagerter Kern — BALBIANI'scher Kern — nachweisen, welcher nach VAN BAMBEEK bei der Reifung noch dem Keimbläschen verschwindet. BALBIANI selbst nennt das fragliche Gebilde Cellule embryogene, da es eine aus dem Follikelepithel hervorgehende Zelle sei, welche sich mit dem Ei vereinigt, indem es sich in die »Dotterhaut« invaginirt. Diese »embryobildende Zelle«

soll nach BALBIANI der eigentliche Keim sein, während der Dotter nur Ernährungsgeschäfte zu verrichten habe. (Weiteres cfr. unten.)

**Zur vergleichenden Physiologie.** — (Ueber partielle Eifurchung cfr. unten und bei »Bildung der Keimblätter und Entstehung der Gewebe«.) Bei den Pflanzen hat man mit grosser Genauigkeit die Entstehung der Zellen verfolgen können. Da bei dem genaueren Studium der physiologischen Vorgänge die Pflanzen- und Thierzelle immer mehr Analogien erkennen lassen, so ist es interessant, die bei der Neubildung der Pflanzenzellen gewonnenen Resultate mit den für die Thierzelle festgestellten zu vergleichen. Nach J. SACHS beginnt die Entstehung einer neuen »Pflanzenzelle« immer mit der »Neugestaltung« eines Protoplasmakörpers um ein neues Bildungscentrum; das Material dazu wird immer von schon vorhandenem Protoplasma geliefert, der neu constituirte Protoplasmakörper umkleidet sich früher oder später mit einer Zellhaut. Diese allgemeinen, der Neubildung aller Pflanzenzellen zukommenden Vorgänge stimmen, wie wir sehen, genau mit den oben beschriebenen Vorgängen der thierischen Zellbildung überein. Im Speciellen werden dann von J. SACHS für die pflanzliche Zellbildung drei Haupttypen aufgestellt: 1) die Erneuerung oder Verjüngung einer Zelle, d. h. die Bildung einer neuen Zelle aus dem gesammten Protoplasma einer schon vorhandenen Zelle, 2) die Conjugation oder die Verschmelzung von zwei (oder mehr) Protoplasmakörpern zur Bildung einer Zelle, 3) die Vermehrung einer Zelle durch Erzeugung von zwei oder mehr Protoplasmakörpern aus einem.

Jeder dieser Typen zeigt mannigfaltige Abänderungen und Uebergänge zu den andern. Bei dem dritten Typus, der Vermehrung der Zelle, sind zunächst zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem zur Bildung der neuen Zellen nur ein Theil des Protoplasmas der Mutterzelle verwendet wird (freie Zellbildung) oder die Gesamtmasse desselben in die Tochterzellen übergeht (Theilung). Dieser letztere bei weitem häufigste Vorgang zeigt nun wieder eine Reihe von Verschiedenheiten: z. B. ob schon während der Theilung oder erst nach ihrer Vollendung Zellhaut ausgeschieden wird.

Diese Eintheilung ist eine sehr vollkommene, und wir können sie fast ganz auf die Vorgänge der thierischen Zellneubildung übertragen.

Die Eintheilung KÖLLIKER's, die wir oben gaben, in einfache und endogene Zelltheilung bezieht sich auf den dritten Typus von SACHS. Auch bei der thierischen Zelle finden wir bei ihrer Vermehrung die für die pflanzliche Zelle in dieser Hinsicht aufgestellten Unterschiede: Zelltheilung mit ihren beiden Modificationen. Bei der einfachen Zelltheilung KÖLLIKER's sehen wir die Gesamtzelle mit ihren oberflächlichen Schichten (Zellmembran) betheiligt. Wie bei den Pflanzen, so beruht auch bei den animalen Organismen die Ausbildung des Gesamt-Körpers, des Zellgewebes, zunächst auf dieser Art der Zelltheilung, sie ist der häufigste Vorgang in beiden Naturreichen. KÖLLIKER's endogene Zellbildung umfasst die weiteren Modificationen des dritten Typus. Wie bei den Pflanzen, so kommen auch bei den Thieren diese betreffenden Vermehrungs-Vorgänge meist im Zusammenhange mit dem sexuellen Leben zur Erscheinung.

SACHS' freie Zellbildung entspricht der partiellen Eifurchung bei Fischen und Cephalopoden, wie sie von RUSCONI, VOGT und KÖLLIKER zuerst beschrieben wurde. Hier betheiligt sich zuerst auch nur ein kleiner Abschnitt des Eiprotoplasmas an der Neubildung der aus dem Ei entstehenden Furchungszellen. So »furcht sich« bei den Tintenfischen nach KÖLLIKER von dem Protoplasma des ovalen Eies nur eine kleine Stelle in der Nähe des spitzen Endes. Dass die Furchungszellen oder Furchungskugeln zunächst noch keine Zellmembran erkennen lassen und eine solche erst später erhalten, hat schon ERWÄHNUNG gefunden. Bei der Furchung anderer Eier, z. B. des Säugethieres, ist die Verwendung des Protoplasmas der sich vermehrenden Zelle eine totale, und zwar ohne Betheiligung der Ei-Zellhülle (Zona) an dieser Theilung.

SACHS' zweiter Typus der Zellbildung, die Conjugation oder Verschmelzung von zwei oder mehr Protoplasmakörpern zur Bildung einer neuen Zelle, ist bei den Pflanzen in ihrer typischen Form, wobei das gesammte Protoplasma zweier in Grösse nicht verschiedenen Zellen



sich zu einem neuen Protoplasmakörper vereinigt, auf einzelne Gruppen der Algen und Pilze (Conjugaten) zum Zwecke der Fortpflanzung beschränkt, doch kommen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen ganz analoge Erscheinungen vor, nur dass bei diesen die Grösse der sich zu einer neuen Zelle vereinigenden Protoplasmaegebilde eine verschiedene ist. Die kleinen männlichen, beweglichen Befruchtungskörper oder Spermatozoiden der Kryptogamen sind nackte Protoplasmaegebilde, denen man den Werth einer Primordialzelle zuerkennt; im weiblichen Organ dieser Pflanzen findet sich eine Zelle, die sich nach außen öffnet; sie enthält einen Protoplasmakörper, der durch die Spermatozoiden befruchtet wird. In sicher beobachteten Fällen (Oedogonium, Vaucheria) verschmelzen diese mit jenen, worauf erst die Neubildung einer Zelle erfolgt. Stets ist die durch Verschmelzung entstandene Zelle eine Fortpflanzungszelle, mit ihr beginnt die Entwicklung eines neuen Individuums. Der gleiche Vorgang, wie er eben für die Kryptogamen beschrieben wurde, findet sich bei der Befruchtung der Eizelle der Thiere. Auch hier entsteht eine neue Zelle, welche zu einem neuen animalen Individuum sich entwickeln kann, durch die Verschmelzung heterogener Protoplasmakörper, von denen sich der eine, das Spermatozoid, oder mehrere derselben, da sie hier wie dort in grösserer Zahl eindringen können, in dem Protoplasma der weiblichen Zelle auflösen.

Den ersten SACHS'schen Typus der Zellbildung, die Erneuerung oder Verjüngung einer Zelle, wie sie sich z. B. bei der Bildung der Schwärmsporen bei Oedogonien finden, erkennen wir bei den Thieren in den ersten Stadien der Eientwicklung namentlich in der oben gegebenen AUERBACH'schen Beobachtung über Furchung der Nematoden-Eier. Bei der Zellverjüngung bleibt das Material, soweit ersichtlich, dasselbe, es findet aber eine neue Anordnung desselben statt, was bei jeder Zellbildung das entscheidende Moment ist. Die gelöste reife Eizelle, auch der Wirbelthiere, zeigt vor dem Beginn ihres Vermehrungsprocesses, und zwar auch ohne vorausgegangene Befruchtung (v. BISCHOFF), eine derartige Erneuerung und Neuordnung ihres Protoplasmas, indem sich das Keimbläschen in dem Protoplasma auflöst. Dieser Verjüngungsprozess wiederholt sich dann auch bei der Vermehrung der Furchungskugeln (v. BISCHOFF, AUERBACH). Bei der »ungeschlechtlichen Zeugung« mag dieser Vorgang der Erneuerung für die Bildung eines neuen Organismus genügen. Bei der »geschlechtlichen Zeugung« kommt zu der Verjüngung der Eizelle noch der Vorgang der Conjugation oder Copulation differenter Protoplasmakörper hinzu, wodurch die schon durch die Verjüngung angeregte Entwicklungsfähigkeit der Eizelle nun eine für die Bildung eines neuen Organismus ausreichende Intensität erlangt. Wir deuteten oben an, dass auch die von AUERBACH beobachtete Verschmelzung der Kerne der Furchungskugeln als eine Conjugation oder Copulation differenter Protoplasmakörper, als eine Art von Befruchtung aufgefasst werden muss, wodurch die geschlechtliche mit der ungeschlechtlichen Zeugung noch weiter verknüpft erscheint. Auch das unbefruchtete Ei macht die ersten Stadien der Entwicklung (Furchung) in regelmässiger Weise durch (v. BISCHOFF), woraus sich der hohe Werth der »Verjüngung« für die Entwicklung der Eizelle ergibt.

### Umbildung der Zellformen.

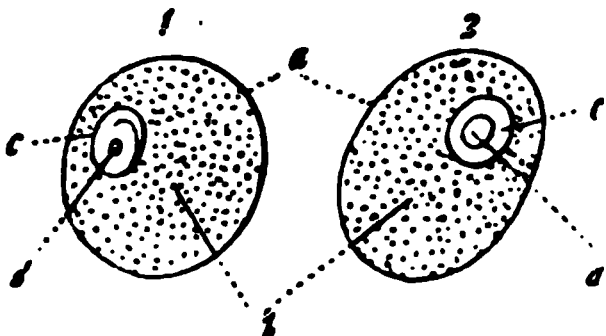
Anfangs sind alle aus der Furchung hervorgegangenen Zellen dem Ei, aus welchem sie entstanden sind, fast vollkommen analog.

Sie stellen wie das Ei Bläschen dar mit einer zarten Membran mit feinkörnigem Protoplasma und meist bläschenförmigem Kerne, in welchem sich ein oder mehrere Kernkörperchen erkennen lassen. Der Hauptunterschied von dem Ei besteht in ihrer mikroskopischen Kleinheit und in einem in den einzelnen Zellen in verschiedenen Richtungen sich aussprechenden individuellen Leben, welches in ihnen nach Gestalt und Inhalt Veränderungen hervorruft, die später ihre Analogie mit der Eizelle fast vollkommen verwischen können.

Schon in Beziehung auf ihre Grösse zeigen in der Folge die den ausgebildeten thierischen und menschlichen Organismus zusammensetzenden Zellen mannigfache Verschiedenheiten. Während viele junge Zellen, z. B. die menschlichen Blutzellen, nur eine Grösse von 0,004—0,006 mm erreichen, zeigen andere wie die Cysten des Samens und die Ganglienkugelein eine Grösse von 0,04—0,08 mm.

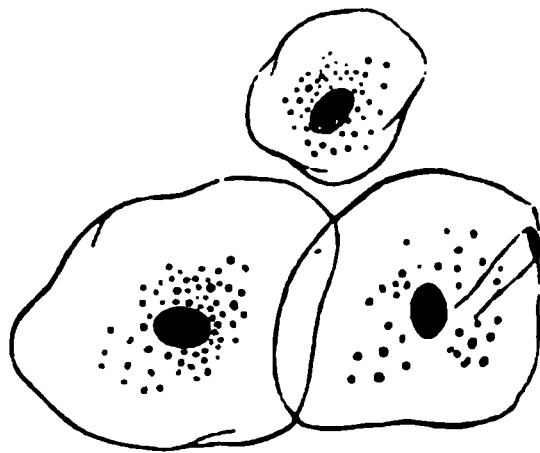
In den meisten Fällen, in denen sich eine Gruppe von Zellen zu einem complicirten Organismus vereinigt, verlieren sie ihre ursprüngliche, rundliche Gestalt und nehmen — manchmal scheint dazu schon der Druck zu genügen, welchen sie gegenseitig auf einander durch die Aneinanderlagerung ausüben — mannigfach verschiedene Formen an, an welchen Veränderungen auch der Zelleninhalt in den verschiedensten Modificationen theilnehmen kann.

Fig. 11.



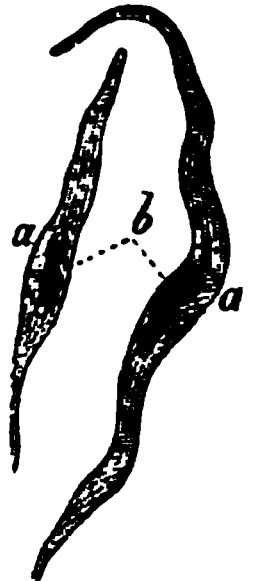
Kugelige Zellen.  
a Zellmembran b Zelleninhalt  
c Kern d Kernkörperchen.

Fig. 12.



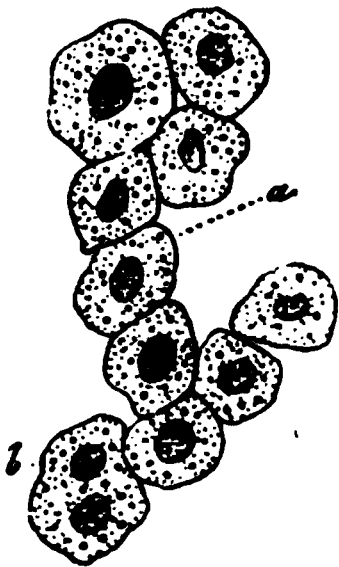
Ganz flache schuppchenartige Epithelialzellen aus der Mundhöhle des Menschen.

Fig. 13.



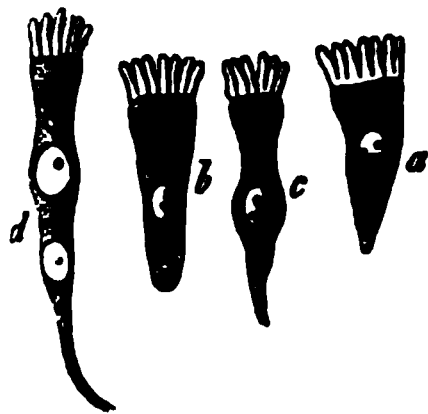
Zwei Zellen der unwillkürlichen Muskulatur a a; bei b die stäbchenartigen Kerne.

Fig. 14.



Leberzellen des Menschen.  
a mit einem, b mit zwei Kernen.

Fig. 15.



Flimmerzellen der Säugethiere. a—d Zellenkörper mit den Flimmerhaaren.

Neben den kugeligen Gestalten der Zelle zeigen sich ovale, cylindrische, kegelförmige, stark in die Länge gestreckte mit fein zugespitzten Enden. Andere erscheinen wie durch einen von allen Seiten gleichmässig auf sie ausgeübten Druck in pseudokrystallinischen Formen meist als ziemlich regelmässige Sechsecke. Andere tragen

an bestimmten Stellen einen geisel- oder fadenförmigen Fortsatz (Samenzellen) oder eine ganze Anzahl von solchen fadenförmigen Wimperfortsätzen, welche, so lange das Leben der Zelle besteht, eine Fähigkeit zu activen, schwingenden Bewegungen, Flimmerbewegung zeigen. (Figg. 11—15.) Andere sind von unregelmässiger, z. B. zackiger Gestalt, manche mit starren Fortsätzen.

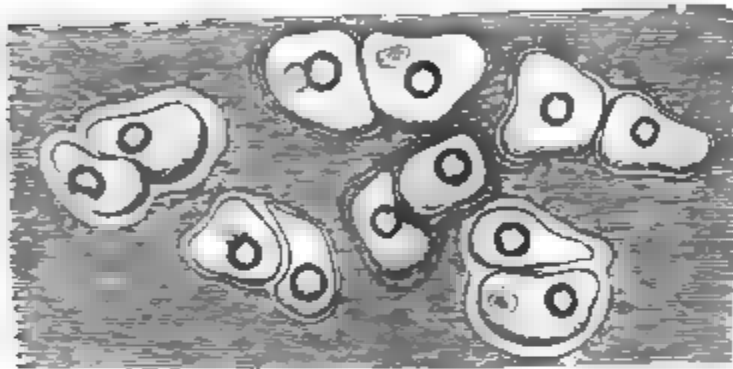
Auch der Kern kann aus seiner typischen, rundlichen Form in die ovale und stabförmige übergehen, bei Insecten kommen Verästelungen des Kernes vor. Manchmal findet sich eine Vermehrung des Zellkernes, ohne dass sich die Zelle theilt, wie bei gewissen Zellen im Knochenmark und in den quergestreiften Muskelfasern, im Gewebe des Nabelstrangs (Fig. 17). Auch das



Kernkörperchen kann sich an der allgemeinen Umwandlung der Zelle betheiligen. Es können Hohlräume in ihm auftreten, es kann eine längliche Gestalt erhalten etc.

Der Zelleninhalt, das Protoplasma, kann sich in Beziehung auf seine körnigen Einschlüsse und Formelemente ebenfalls sehr mannigfach umgestalten. Es zeigt sich in verschiedenen Zellen mehr oder weniger körnerreich, diese Körner haben sehr verschiedenes Aussehen und differente Dignität: sie stehen manchmal vollkommen regelmässig angeordnet und bekommen in manchen Fällen selbst bestimmtere, regelmässigere Gestalt. Hier und da treten im Protoplasma wahre Krystalle auf. Häufig bilden sich temporäre Vacuolen, Hohlräume im Protoplasma, in welchen sich verschiedene Flüssigkeiten, theils wässrige Lösungen, theils Fette zeitweise ansammeln können, um im weiteren

Fig. 46.

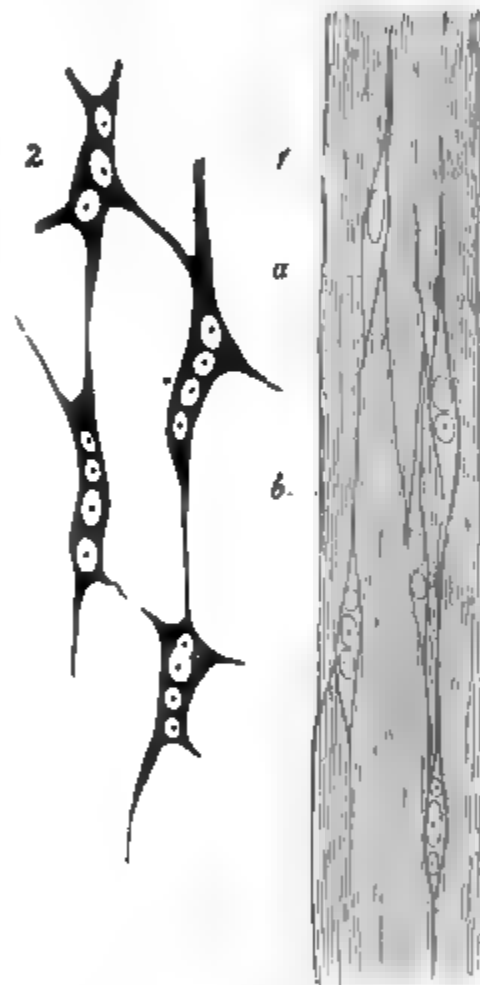


Knorpelzellen aus der weissen Schicht der Cart. ericoidea, 350mal vergr. Vom Menschen.

Zellenleben dann gelegentlich wieder zu verschwinden, d. h. verbraucht zu werden.

Eine andere Art der Umwandlung der Zelle besteht darin, dass ein Grenztheil des Protoplasmas sich eigenthümlich umändert, so dass sich die Zelle mit einem Hofe morphologisch und chemisch mehr oder weniger umgestalteter Masse umgibt. Die Quantität dieser Zwischenzellenmasse oder Intercellularsubstanz ist in verschiedenen Fällen sehr verschieden. Die Zellmembran und die sogenannten Zellkapseln zählen wir zunächst in die Reihe dieser Protoplasmaumbildungen. Auch zwischen scheinbar direkt neben einander liegenden Gewebszellen lässt sich eine Zwischenmasse oder Kittsubstanz, welche den Zusammenhalt der Zellen unter einander vermittelt, nachweisen. Im Knorpel, im lockeren Bindegewebe und in anderen Geweben werden die Intercellularsubstanzen so mächtig, dass die noch activ beweglich gebliebenen Zellprotoplasmakörper, die Protoplasma Reste, die Bildungszellen, d. h. die eigentlichen Gewebszellen mehr oder weniger weit aus einander gerückt erscheinen.

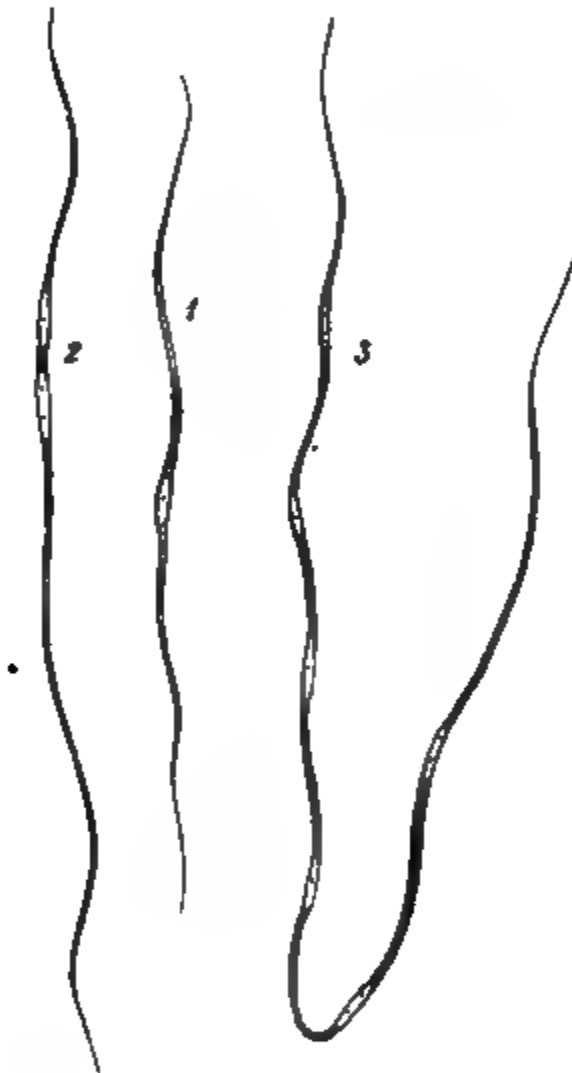
Fig. 47.



Aus dem Nabelstrange eines 7" langen Schafembryo, 350mal vergr. 1. Ein Stüchchen mit fibrillärer Zwischen substanz und zusammenhängenden mehr spindelförmigen Binde substanzzellen. 2. Von einem Theile, der noch galler tige Zwischen substanz und mehr stern förmige Zellen enthält. Die Zellen in beiden Fällen fast alle mit mehrfachen Kernen

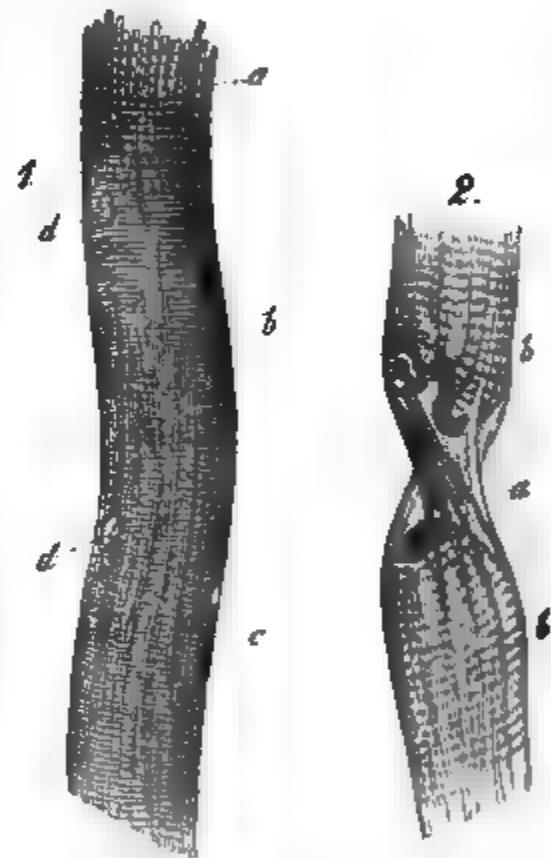
Da die intensiveren Bewegungen des Lebens nur in dem halbflüssigen Protoplasma der Zelle selbst vor sich gehen, so ist es selbstverständlich, dass die mehr oder weniger erhärtete Zwischenmaterie nur einen geringen Antheil an den organischen Vorgängen nehmen würde, wenn sie nicht in der Mehrzahl der Fälle nach einem neuen Principe näher in den Kreis der Stoffbewegung innerhalb der Zelle hineingezogen würde. Wir sehen meist die ganze Zwischenzellenmasse durchzogen von einem Netze feiner Hohlräume, in welche die in die Intercellularsubstanz eingelagerten Zellen nach den verschiedenen Seiten ihrer Oberfläche Fortsätze aussenden, welche oft nach vorausgegangener mannigfaltiger Verästelung die umliegenden Nachbarzellen unter einander in Verbindung bringen. Vermittelst dieser »Saftcanäle« findet ein Verkehr zwischen dem

Fig. 18.



Muskelfasern von einem zweimonatlichen menschlichen Embryo. 1, 2. Vom Fuss mit 1 und 2 Kernen 3. Vom Unterschenkel mit 6 Kernen 350mal vergr.

Fig. 19.



1. Quergestreifter Muskelfaden miterspaltung in Primitivfibrillen a, deutlicherer Quertreifung b und Längszeichnung bei c; d Kerne. 2. ein Muskelfaden b, bei a durchrissen, mit stellenweise leer hervortretender Scheide.

Inhalte der verschiedenen Zellen statt, und sie ermöglichen es vorzugsweise, dass jede Zelle den sie umgebenden Hof von Intercellularmasse [ihr Zellenterritorium (Virchow)] mit dem nöthigen Nahrungsmaterial versorgt und sein Leben, das an den normalen Bestand seiner Zelle geknüpft ist, erhält. Wir sehen in der directen Communication der Zellen unter einander ein Aufgeben der geschlossenen Zellenindividualität. Manchmal sehen wir die Zellen nur durch wenige, nicht oder nur sparsam verästelte, kleinere Zweige in Verbindung stehen (Fig. 17); bei einigen dagegen, und zwar bei den Nerven-

zellen, sehen wir die relative Masse der Zellenausläufer oder Zellenfortsätze, welchen freilich z. Th. noch eine andere Structur und Bedeutung zukommt als den oben erwähnten Zellenverästelungen, die aber auch verschiedene Zellen derselben Art unter einander verbinden, die Zelle so bedeutend überwiegen, dass letztere oft nur als eine rundliche, kernhaltige Anschwellung der Fortsätze erscheint.

Die Zellmetamorphose und das Aufgeben des Einzelnebens der Zellen bleibt wahrscheinlich bei den bisher beschriebenen Umbildungen der Zellform nicht stehen. Die Veränderung kann so weit gehen, dass die Zellkörper selbst, nicht nur ihre Fortsätze, unter einander verwachsen zu faserigen oder netzförmigen Zügen, dass die einzelnen Zellen ihre Individualität fast vollkommen zu Gunsten einer grösseren Gemeinschaft aufgeben, zur Erreichung weitergreifender Wirkungen, als sie die einzelne Zelle in ihrer Isolirtheit hervorbringen könnte. So nahm man früher allgemein an, dass bei dem quergestreiften Muskelgewebe durch Auseinanderlegung in die Länge ausgezogener Zellen und Durchbrechen der Scheidewände an den Anlagerungsstellen (Fig. 48) cylindrische, langgestreckte Formen entstehen, in denen nur noch die an der früher geschlossenen Membran ansitzenden Kerne die ehemalige Abgeschlossenheit der Individuen zu erkennen geben (Fig. 49). Neuerdings hat man diese Muskelfasern für sehr in die Länge gestreckte einfache Zellen erklärt, bei denen nur eine Vermehrung der Zellkerne eingetreten ist. Für die Bildung der kernhaltigen Hülle der Nervenfasern wird eine Verschmelzung von peripherischen Zellen mit dem aus der Ganglienzelle hervorstwachsenden Axencylinder von KÖLLIKER für wahrscheinlich gehalten (cf. Herzmuskulatur).

## Bildung der Keimblätter und Entstehung der Gewebe.

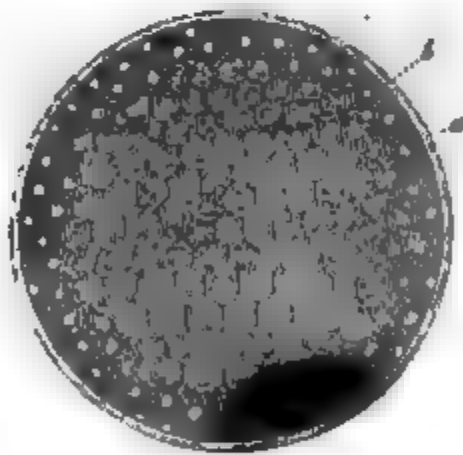
### Totale Furchung.

Das endliche Resultat der Zellenmetamorphose ist die Bildung der Gewebe, aus denen wir die einzelnen Organe des Körpers zusammengesetzt finden.

Die Gewebusbildung hat ihren ersten Anfang schon in den frühesten Entwicklungsstadien des Eies, in der Bildung der Keimblätter.

Wir haben den Zerfall des Dotters in eine grosse Anzahl kleiner Furchungskugeln kennen gelernt, die anfänglich einen soliden maulbeerförmigen Körper darstellten. Die Weiterentwicklung des Säugethier-Eies schreitet nun in der Art fort, dass diese neuentstandenen Bausteine des späteren Embryo und seiner Hüllen sich in Zellen mit Membran umwandeln, nachdem sie sich unter Flüssigkeitsaufnahme zur Bildung einer einschichtigen grösseren Blase zusammengeschlossen haben. Die Dotteroberfläche gewinnt zuerst nach vollständiger Furchung wieder ein fast homogenes Aussehen, die Furchungszellen sind so klein und besitzen nur so zarte Contouren, dass sie ohne Anwendung mikroskopischer Reagentien kaum mehr in ihrer Trennung wahrgenommen werden können. Später verschwindet dieses homogene Aussehen wieder, und die Dotteroberfläche zeigt eine Mosaik aus fünf- und sechseckiger, fest verbundener, gegen einander abgeplatteter, ringsum von der Zona pellucida angedrückter, kernhaltiger Zellen (Fig. 20). Die innere

Fig. 20.



Kaninchen: aus dem Uterus, von circa 0,0011 Par. Zoll Grösse, das innerhalb der Zona pellucida die einschichtige Keimblase und im Innern derselben einen Rest nicht verbrauchbarer Furchungskugeln zeigt. Nach Brachnorr.

Höhle des Eies ist von Flüssigkeit erfüllt. Nicht alle aus dem Furchungsproceß hervorgegangenen Zellen werden zur Bildung dieser Blase verwendet. An einer Stelle der Blase zeigt sich eine nach Innen halbkugelig vorspringende Verdickung, welche aus einer Anhäufung von ursprünglich central gelegenen Furchungskugeln besteht, welche nicht zur Bildung der Blase verwendet wurden. An dieser Stelle ist sonach schon in diesem Entwicklungsstadium die Blasenwand mehrschichtig. Die Zellen dieser Wandstelle sind es, welche in der Folge den eigentlichen Embryo bilden. Die aus den verschmolzenen Furchungszellen hervorgegangene Blase trägt den Namen: Keimblase, *vesicula blastodermi* (BISCHOFF). In der eben beschriebenen Beschaffenheit bleibt das Eichen zunächst und wächst nur ziemlich rasch durch Vergrößerung der Keimblase, was ununterbrochen fortgesetzt Aufnahme von Flüssigkeit und Vermehrung ihrer Zellen erfolgt, wodurch die Zona mehr und mehr, endlich zu einer ganz feinen Hülle verdünnt wird.

Hat das Ei eine bestimmte Grösse erreicht — das Kaninchenei 4,65 mm —, so beginnt eine Veränderung in ihm vorzugehen, durch welche zunächst die ersten Anlagen der verschiedenen Gewebe des thierischen Organismus gebildet werden. Man bemerkt dann an der Keimblase einen rundlichen

Fig. 24.



Kaninchenei aus dem Uterus von 12,4 mm Durchmesser, a Zona pellucida, b Keimblase, c Fruchthof, d Stelle, wo die Keimblase schon doppelschichtig ist.

Fleck, der sich von der übrigens durchsichtigen Membran durch seine weissliche Farbe auszeichnet. Dieser Punkt wird als Fruchthof, *area germinativa*, oder Embryonal-fleck, *area embryonalis* (COSY), bezeichnet. Hier bildet sich in der Folge der Embryo. Von dem Fruchthof aus wird die Keimblase nach und nach doppelschichtig, und zwar geht die Bildung der inneren Schicht von dem erwähnten Reife der Furchungskugeln aus, welche wir primär an der Stelle des späteren Fruchthofs an der Innenwand der Keimblase angelagert fanden. Das Kaninchenei erscheint, zu dieser Zeit frisch aus dem Uterus genommen, als ein rundliches hyalines Bläschen, welches durch Zusatz von Wasser als ein Doppelbläschen sich ausweitet.

Indem sich die verdünnte Zona von der Keimblase abhebt. An der Keimblase zeigt sich der Fruchthof schon für das bloße Auge als ein weisslicher Punkt sichtbar. Von dem Fruchthofe aus schreitet die Trennung in zwei Blätter immer weiter über die ganze Keimblase fort, so dass diese endlich ganz aus zwei einander liegenden Schichten besteht (Fig. 24). Der Fruchthof erscheint als eine partielle Verdickung der Wand der Keimblase, und zwar nach KÖLLIKER hauptsächlich nur ihrer obersten Schicht, deren zellige Elemente hier relativ stark vergrößert und von cylindrischer Gestalt erscheinen, während die Zellen der inneren Schicht stark abgeplattet sind. Der Fruchthof besteht in diesem Entwicklungsstadium sonach aus zwei Blättern: Keimblättern, von denen das obere dicker, das untere ziemlich dünn ist. Später bildet sich zwischen diesen beiden Keimblättern noch ein drittes.

Das innerste Blatt der Keimblase: Entoderma, bildet eine ganz

geschlossene einschichtige Blase; es entwickelt sich, wie schon angedeutet, aus dem Reste der centralen Furchungskugeln, welche zur Bildung der äusseren Schicht der Keimblase nicht verwendet wurden. Das mittlere Blatt, Mesoderm, reicht nur so weit als der Fruchthof; über seine Bildung und seinen Ursprung herrscht bei den Autoren noch keine vollkommene Uebereinstimmung, während KÖLLIKER dasselbe von dem oberen Blatte (dem Ektoderm) ableitet, bringt die Mehrzahl der übrigen Forscher dasselbe mit der Entstehung des Entoderms in Verbindung, indem die nach der Bildung des Ektoderms übrigen bleibenden Furchungskugeln sich theilweise zum Entoderm, der Rest zum Mesoderm gestalten sollen. Das äussere Blatt selbst, das Ektoderma, wird aus der primären äusseren Zellenlage der Keimblase und des Fruchthofes gebildet, welche von der Zeit des Auftretens des Fruchthofes an in dem Bereiche desselben eine Verdickung erkennen lässt, welche auf einer säulenförmigen Vergrösserung der Zellen beruht.

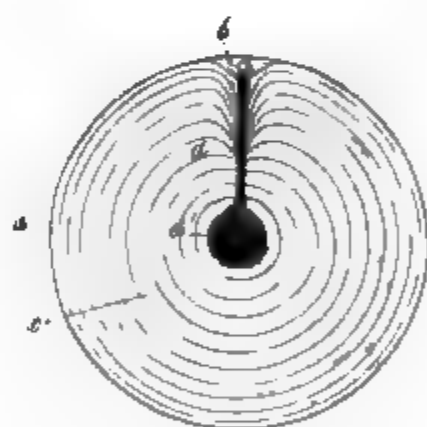
**Zur vergleichenden Physiologie der Eifurchung.** — Totale Eifurchung findet sich, abgesehen von den Säugethieren, in der Wirbelthierreihe nur noch bei Batrachiern, Hieren und Petromyzon, aber auch bei diesen dient ein Theil der Furchungskugeln später lediglich als Nahrungsdotter wie der unfurchte Dotter der Eier mit partieller Furchung. Bei Wirbellosen ist die totale Eifurchung häufig, z. B. Nematoden, Radiaten etc. etc.

**Partielle Eifurchung und die Keimblätterbildung im Hühnerei.** — Partielle Eifurchung findet sich unter den Wirbelthieren bei Vögeln, Fischen, Reptilien (mit den oben erwähnten Ausnahmen); unter den Wirbellosen zeigen sie die Cephalopoden, die höheren Spinnenthiere und die Crustaceen. Die Furchung der Eier der Batrachier, Störe und Petromyzon bilden Uebergangsformen zwischen den beiden Haupttypen der Furchung.

Als Beispiel der partiellen Eifurchung eines meroblastischen Eies wählen wir das bisher am besten untersuchte Object: das Hühnerei. Wir haben das Eierstocksei von dem gelegten Ei mit seinen in den Genitalleitungswegen angekommenen Umhüllungen zu unterscheiden. In den Eiern des Eierstocks, welche reife Eier enthalten, findet sich der im allgemeinen als Eidotter bekannte, gelbgefärbte, sphäroidische Körper von einem zarten Häutchen, der Dotterhaut, umhüllt (das Eierstocksei Fig. 22). An einer Stelle seiner sonst gleichförmigen Oberfläche unterscheidet man einen kleinen scheibenförmigen Fleck, die Keimscheibe; dieses Gebilde entspricht im Ganzen dem teloblastischen Ei der Wirbelthiere. Die Keimscheibe ist eine Protoplasma-masse von linsenförmiger Gestalt, welche ein Keimbläschen, kugelig oder ellipsoidisch etwa 310  $\mu$

im Durchmesser, dieses wieder ein kleines Körperchen, den Keimfleck, einschliesst. Die Hauptmasse der Eierstockseier bildet der gelbe Dotter, welcher aus Kügelchen von verschiedener Grösse, gefüllt mit stark lichtbrechenden Körnchen wahrscheinlich grösstentheils zweierartiger Natur, besteht. Der gelbe Dotter wird umhüllt von einer dünnen Lage des weissen Dotters, dessen kugelige Elemente meist kleiner sind als die des gelben Dotters und je ein stark lichtbrechendes, zellkernähnliches Körperchen enthalten. Daneben befinden sich grössere Kugeln, welche eine Anzahl der eben beschriebenen kleinen einschliessen. Der weisse Dotter tritt unter die Keimscheibe, so dass diese auf ihm gebettet erscheint. Ersterer wölbt sich hier und verbindet sich durch einen stielartigen Fortsatz mit einer Anhäufung

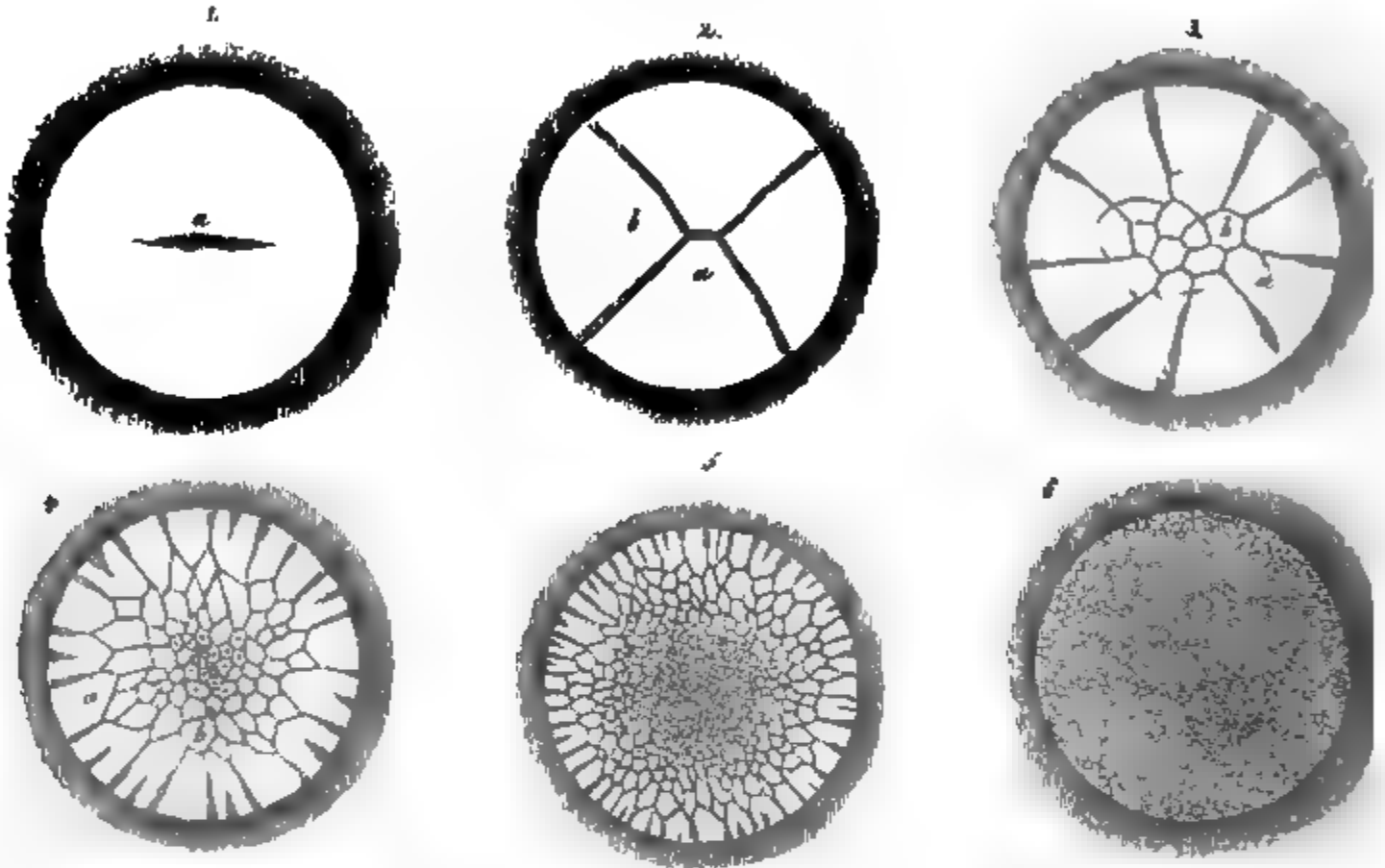
Fig. 22.



Schematischer Durchschnitt durch einen reifen Hühnerdotter. a Dotterhaut. b Keimschicht oder Bildungsdotter mit dem Keimbläschen. c Gelber Nahrungsdotter mit den Schichtungslinien. d Weisses Nahrungsdotter mit d' der grösseren Ansammlung im Innern des gelben Dotters.

weisser Dottermasse: PANDER'scher Kern, im Centrum des Gesamtdotters. Schmale weisse Dotterschichten durchsetzen auch den gelben Dotter concentrisch mit der Dotteroberfläche. Im oberen Theil des Eileiters erfolgt die Befruchtung der Eierstockseier, das Keimbläschen »verschwindet« und der Gesamtdotter umhüllt sich mit der Eiweisschicht und der bekannten äusseren Eihülle. Bei dem Hühnerei bezieht sich der Vorgang der Furchung (wenn nicht) ausschliesslich (doch vorwiegend, auf die Keimscheibe, der Vorgang findet schon im Eileiter ungefähr in der Zeit, in welcher die Schale entsteht, statt. Von oben gesehen theilt zuerst eine querverlaufende Furche die Keimscheibe in zwei Hälften, dann schneidet eine

Fig. 22a.



Sechs Furchungsstadien der Keimscheibe des Hühnereies nach COSBY. Alle von Eiern aus dem unteren Theile des Eileiters und dem sogenannten Uterus. Grösse der Keimscheibe 3 mm, 1. Keimscheibe mit 2 Segmenten, 2. Keimscheibe mit 4 Segmenten, 3. dieselbe mit 8 Segmenten und 7 Furchungskugeln, die sich polygonal gegen einander abgrenzen, 4. dieselbe mit 16 Segmenten, von denen einzelne Andeutungen neuer Theilungslinien zeigen, 5. Keimscheibe mit zahlreichen kleinen Segmenten am Rande und sehr vielen Furchungskugeln, 6. Keimscheibe mit ganz kleinen gleichmässig grossen Elementen, die zwei Schichten bilden von denen die untere nicht vollständig ist. Die Elemente einer solchen Keimscheibe haben die Natur kernhaltiger Protoplasten, und kann dieselbe nun Keimhaut, Blastodermis, oder Keim heissen.

zweite Furche die erste rechtwinklig, wodurch die Oberfläche in vier Quadranten getheilt wird, welche je durch eine radiäre Furche halbiert werden. Die centralen Enden dieser 8 Segmente werden nun durch Querfurchen von der übrigen Hauptmasse der Segmente abgeschnitten, so dass 8 central in der Keimscheibe gelagerte Protoplasten d. h. Furchungskugeln sich von den grösseren Segmenten differenzirt haben. Indem nun nach allen Richtungen auch horizontal in der Tiefe der Keimscheibe (OFLACHEN) Furchen auftreten, schreitet die Theilung namentlich in der Mitte rasch fort. Daher sind hier die neugebildeten Furchungskugeln zahlreicher und kleiner als in den peripherischen Partien. Durch wiederholte Theilung zerfällt auf diese Weise endlich die ursprüngliche Keimscheibe in eine über und neben einander geschichtete grosse Anzahl kleiner Furchungskugeln. Die oberflächliche uncentrale Partie unterscheiden sich schon jetzt durch ihre kleineren von den peripherischen und tiefer liegenden Schichten, welche aus grösseren Furchungskugeln bestehen; damit beginnt die Scheidung eines oberen Keimblattes von dem Rest der Furchungskugeln



Die gefurchte Keimscheibe heisst nun Keimhaut; zwischen ihr und dem untergelagerten weissen Dotter bildet sich ein mit Flüssigkeit erfüllter Raum, die Furchungshöhle, aus. Während im Centrum die Furchung vollendet ist, schreitet sie an der Peripherie und in der Tiefe noch fort. Die obere Furchungskugelschicht bildet sich zu einer geschlossenen Haut um, aus eng zusammengefügt, säulenförmigen, kernhaltigen Zellen bestehend; die mikroskopischen Elemente der unteren Schicht bleiben dagegen zunächst noch körnig, mehr rundlich im Zustande von Furchungskugeln und hängen, z. Thl. unregelmässige und lockere Häufchen bildend, netzförmig jedenfalls noch als keine wahre Membran zusammen. Während bis zur Bildung des ersten oberen Keimblattes die Angaben der Autoren über die Entwicklung der Keimhaut im Wesentlichen übereinstimmen, herrscht namentlich in Beziehung auf die Bildung der beiden unteren, namentlich aber des dritten oder Mittelblattes noch keine Uebereinstimmung. Nach KÖLLIKER's Untersuchungen bildet sich das Mittelblatt aus dem oberen Keimblatt, dem Ektoderm, zunächst durch Zellvermehrung in den mittleren Partien desselben. Andere Autoren bringen die Entstehung des mittleren Keimblattes mit dem unteren Blatte in mehr oder weniger nahe Beziehung. Nach FOSTER's und BALFOUR's im Allgemeinen sehr überzeugender Darstellung wird das Mittelblatt im Wesentlichen schon gleichzeitig mit den beiden anderen Blättern angelegt und entsteht wie diese beiden aus speciell ihm zugehörenden Furchungskugeln. Hierbei nehmen F. und B. z. Thl. nach dem Vorgang STRICKER's u. A. active Wanderung und Verschiebungen von Furchungszellen zur Erklärung seiner Bildung zu Hülfe, ohne aber auf diesen noch immer hypothetischen Vorgang allein zu fussen.

Nach STRICKER u. A. entsteht in analoger Weise, wie wir das nach F. und B. oben angegeben, das erste obere Keimblatt, das untere und mittlere entstehen dagegen aus grossen Keimzellen (Furchungskugeln), welche als Vorrath unter der Fläche des ersten Blattes zurückgeblieben waren. Zu diesem Zweck werden diese Zellen z. Thl. im Laufe der Eientwicklung activ (STRICKER) oder passiv (GOBULEW) von unten nach oben verschoben, um in ihre spätere normale Stellung zu kommen. Die Furchungszellen zeigen lebhaft amöboide Bewegungen (E. KLEIN u. A.). Sehr anschaulich schildern FOSTER und BALFOUR diesen Vorgang der Bildung des Mittelblattes in den ersten Stunden der Bebrütung. Während der Ausbildung des oberen und unteren Keimblattes, welche noch im Eileiter erfolgt, haben sich einige grosse Furchungskugeln: Bildungszellen, von den übrigen abgesondert und auf den Boden der Furchungshöhle (cf. oben) gelegt. Die Weiterentwicklung beginnt zunächst mit der Bildung einer wahren geschlossenen, aus Zellen bestehenden Membran des wahren unteren Keimblattes aus dem unter dem schon fertig gebildeten oberen Keimblatt gelegenen, noch ziemlich ungeordneten Furchungskugelreste. Die an dessen unterer Grenzschicht gelegenen mikroskopischen Elemente flachen sich hierbei ab, verlieren ihr körniges Aussehen und zeigen einen deutlichen Kern. Zwischen diesem nun schon früher definitiv abgegrenzten unteren Keimblatte bleiben noch zahlreiche bisher nicht verbrauchte Furchungskugeln übrig, ausserdem hängen die »Bildungszellen« an, vermöge amöboider Bewegungen über den Rand des unteren Keimblattes hinüber zu kriechen und in den schon zahlreiche Furchungskugeln enthaltenden Zwischenraum zwischen diesem und dem oberen Blatt einzuwandern. Die in dem Zwischenraum zwischen dem oberen und unteren Keimblatte befindlichen Furchungskugeln vermehren sich durch Theilung und schliessen sich, endlich zu wahren Zellen umgewandelt, zum Mittelblatt zusammen. Es existirt nach dieser Darstellung schon von den frühen Furchungsstadien an eine Sonderung der Furchungskugeln je für die einzelnen Blätter. Zuerst bildet sich das obere Keimblatt durch Entwicklung der Furchungskugeln zu Zellen zu einem wahren animalen Gewebe um, der mehrfach geschichtete Rest der Furchungskugeln wird in diesem Stadium mit Unrecht schon als zweites Blatt bezeichnet. Die Elemente seiner unteren Grenzzone organisiren sich zunächst zu einem wahren membranösen Zellengewebe, dem wahren unteren Keimblatte, durch die Form ihrer Zellen wesentlich von dem oberen Keimblatt und dem centralen Reste von Furchungskugeln unterschieden, welche zwischen den beiden ausgebildeten Blättern (und einzeln in der Furchungshöhle) noch vorhanden sind. Das dritte Blatt organisirt sich zuletzt aber aus einem speciell ihm verbliebenen Rest von Furchungskugeln, welche weder



dem oberen noch dem (wahren) unteren Keimblatt jemals angehört haben. Erst wenn die Furchungskugeln als wahre kernhaltige Zellen sich zu einer geschlossenen Zellenhaut vereinigt haben, dürfen wir die betreffenden Gebilde als Keimblätter bezeichnen. —

Die Furchung der zusammengesetzten Eier (cf. oben) schliesst sich theils Betreff der Bildung der Furchungskugeln näher an die totale Furchung (Cestoden, Trematoden etc.) an, theils zeigt der Vorgang eine freilich nur sehr entfernte Analogie mit der partiellen Furchung (Insecten etc.). Die Verhältnisse sind ganz eigenthümlicher Natur (WEISSMAN, METSCHNIKOFF u. A.).

In anderer Weise, als wir es oben darstellten, erklärt HIS die Entstehung der verschiedenen Gewebsanlagen des Embryo. HIS bezeichnet im Gegensatz zu dem Nebendotter die Keimscheibe als Hauptdotter oder Archilecith; dieser ist das eigentliche Primordial. Der Nebendotter ist nach HIS ein Produkt wandernder bindegewebiger Stromazellen des Ovariums, der Granulosazellen. Auch der gelbe Dotter entstehe aus Umwandlung analoger Zellen des Follikels. Nach HIS betheiligen sich an dem Aufbau des embryonalen Körpers durch directen Uebergang der morphologischen Elemente ausser der Keimscheibe, dem eigentlichen Primordialei, auch ein Theil des weissen oder Nebendotters, der wie gesagt aus Bindegewebszellen der Mutter stammen soll, nämlich der sogenannte Keimwall und ein Theil der Dotterrinde; der übrige Rest des Nebendotters: Nahrungsdotter, finde dagegen nur als »Nahrungsmittel« für den Embryo Verwendung. Aus der Keimscheibe entwickle sich nun das gesammte Nervensystem, das Gewebe der quergestreiften und glatten Muskeln, sowie dasjenige der echten Epithelien und Drüsen. Aus den Elementen des weissen Dotters gehe das Blut hervor und die Gewebe der Bindesubstanzen, so dass der Fundamental-Unterschied der Gewebsarten dadurch schon auf die Bildungsgeschichte des Eies selbst zurückführe und durch sie begründet werde.

Alle Wachstums- und Gliederungs-Erscheinungen des Embryonalkörpers sucht HIS auf ein mechanisch-mathematisches Problem zurückzuführen: auf die Formveränderungen einer ungleich sich dehnenden elastischen Platte.

### Die Gewebe der Bindesubstanzen.

Die Keimblätter haben für die Erkenntniss der Morphologie der Entwicklung des Gesamtkörpers eine hohe unbestrittene Bedeutung. Die Entdeckung PANDER's und BÄR's, dass diese ersten drei formalen, flächenhaften Bildungsanlagen des Wirbelthier-Embryo auch eine Sonderung des anfänglich physiologisch und morphologisch gleichwerthigen Bildungsmaterials der Eizelle nach drei Hauptgruppen der physiologischen Thätigkeiten des Organismus repräsentiren, erschien von jeher als einer der Hauptfortschritte unserer entwicklungsgeschichtlichen Erfahrungen. Von der physiologischen Dignität der Keimblätter ausgehend, wurde das obere Keimblatt als animales Blatt, das untere vegetatives, das mittlere als Gefässblatt bezeichnet. Namentlich REMAK's Untersuchungen lehrten zuerst die Provenienzen der einzelnen Keimblätter eingehender kennen, und man bezeichnet nun das obere Blatt als Sinnesblatt oder besser Hautsinnesblatt, das mittlere als motorisch-germinatives Blatt, das untere als Darm-Drüsenblatt. Nach REMAK bildet das Hautsinnesblatt das Centralnervensystem, die nervösen Abschnitte der höheren Sinnesorgane (das Epithel der Gehörblase, den nervösen Theil des Geruchsorgans sowie des Auges, von letzterem auch die Pigmentschicht der Chorioidea und die Linse) und die Oberhaut des Gesamtkörpers (Epidermis mit zelligen Elementen aller Hautdrüsen); aus dem motorisch-germinativen Blatt entwickeln sich die Organe der Blutphysiologie, sowie der willkürlichen

anwillkürlichen Bewegung, Muskeln, Knochen und die übrigen Gewebe der Binde-substanzen (mit Ausnahme (?) der Binde-substanz des Centralnervensystems), sowie die Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung (mit den Urnieren); aus dem Darm-Drüsenblatt gehen die eigentlichen Organe der vegetativen Drüsen-thätigkeiten, die Drüsenepithelien der Darmdrüsen: Lunge, Leber, Pankreas etc., sowie die Nieren, und die Epithelüberzüge des Verdauungsschlauches hervor.

Nach diesen Ergebnissen liegen sonach in diesem ersten Stadium der Gewebsbildung die in der Folge so vielfach in einander geflochtenen physiologisch differenten Gewebe des Organismus noch einfach flächenhaft über einander gebreitet.

Die neueren entwicklungsgeschichtlichen Einzelbeobachtungen haben keinen genügenden Grund ergeben, dieses physiologische Hauptergebniss der ersten bahnbrechenden Untersuchungen umzustossen.

Die fortgesetzten Studien haben die physiologische Bedeutung des Entoderma als Darmdrüsenblatt nur fester und in allen Einzelheiten zu begründen vermocht, ebensowenig konnten sie die Bedeutung des Ektoderma als Hautsinnesblatt beeinträchtigen. Gewisse Schwierigkeiten macht nur das Mesoderm durch die Verschiedenartigkeit der aus ihm hervorgehenden morphologischen und physiologischen Bildungen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die ersten bei der Furchung entstehenden Theilprodukte des Eiprotoplasma zunächst morphologisch und physiologisch gleichwerthig sind. Wie in dem ganzen Ei selbst, liegt noch in ihnen, gleichsam verkleinerten Eiern, potentia, die Möglichkeit zur physiologischen Functionirung nach allen Richtungen, auch zur Umbildung in die verschiedenen Gewebelemente. Während aber zunächst die zu der Zellengruppe des Ektoderms zusammentretenden Furchungskugeln, später die zum Entoderm werdenden diese ihre Fähigkeit nach bestimmten Richtungen zur Hervorbringung gemeinsamer Thätigkeiten beschränken, bleibt den im Mesoderm sich vereinigenden Elementarorganismen ihr freies selbständiges Leben, s. v. v. Eieharakter ganz oder wenigstens grossentheils gewahrt, und nur in geringerem Maasse als in den beiden erstgenannten Blättern sehen wir sie in der Folge sich zu Geweben gruppiren, welche mit den Bildungen des Ektoderms und Entoderms unverkennbare Analogien aufweisen. Die farblosen Blut- und Nierenzellen, die contractilen Protoplasmakörper der Bindegewebe, die Muskelzellen und Muskelfasern, welche ihr selbständiges Einzelleben in der Gesamtheit fortwährend documentiren, vor allem aber die Fortpflanzungsorgane, welche die volle Potenz des Eies sich erhalten haben, rechtfertigen unsere Aufstellung. Den Elementarorganismen des Mittelblattes haben wir sonach ein Bildungsmaterial, welches, zunächst gleichsam physiologisch noch indifferent, entweder wesentlich in der näheren Verbindung mit den beiden Urganen des Ektoderms und Entoderms seine Selbständigkeit bis zu einem gewissen Grade zur Hervorbringung specifischer Gewebe und Organe zu beschränken oder auch Eieharakter zum Theil (Blutzellen) oder ganz (Geschlechtszellen) zu behaupten vermag.

Die folgenden Betrachtungen werden ergeben, dass der den Elementarorganismen des Mittelblattes länger oder vollständig gewahrt bleibende active Charakter sie befähigt, als Hauptmotoren bei der Ausbildung der Gesamtheit

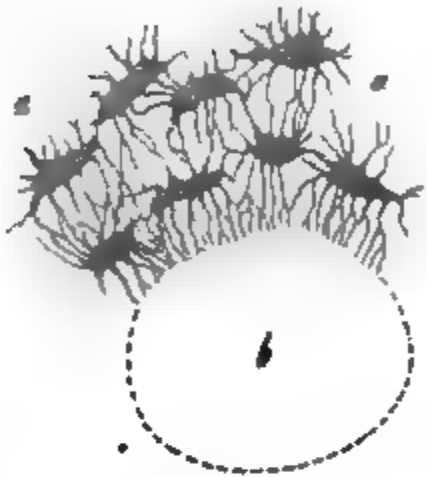
körperform zu functioniren, welche vorwiegend durch Wachsthumerscheinungen im Mittelblatte eingeleitet und bedingt werden.

Wir theilen aus praktischen Gesichtspunkten im fertiggebildeten Organismus die Gewebe mit Rücksicht auf ihre Functionirung, indem wir theilweise von der Entstehung aus den gleichen Keimblättern absehen, zunächst in zwei Hauptgruppen, vegetative und animale, von denen die letztere nach den beiden animalen Hauptfunctionen in Nerven- und Muskelgewebe zerfällt. Zu diesen drei Gewebsgruppen kommt noch eine vierte, welche dem ganzen Organismus seine Skeletstütze, den einzelnen Geweben das Verbindungsmaterial liefert und danach mit dem Namen Gewebe der Binde-substanzen belegt wird.

Bei dem Gewebe der Binde-substanzen treffen wir auf eine grosse Mannigfaltigkeit der formellen Bildungen. Der thierische und menschliche Leib besteht zum grossen Theile aus den Geweben dieser Gruppe. Sie bilden die Grundlage aller Häute, das Gestell der Drüsen, und verleihen dem ganzen Körper Halt und Zusammenhang, indem sie unter einander in ununterbrochener, vollkommener Verbindung stehen. Trotz der Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften, wie sie zwischen den zarten Hautgebilden und den starren Knochen besteht, zeigen die einzelnen Glieder dieser Gewebsgruppe doch eine unverkennbare Uebereinstimmung, die ihren gemeinsamen Ursprung, die Möglichkeit des Ueberganges des einen Gewebes in die Bildung eines der anderen dieser Gruppe, wie sie die Beobachtung lehrt, erklärlich macht. Sie sind alle der Hauptmasse nach aus Zellen zusammengesetzt, welche sich mit einer verschieden stark entwickelten Schicht von Intercellularsubstanz umgeben haben, wodurch ihre Protoplasmakörper mehr oder weniger von einander gerückt sind. In den meisten Fällen — mit Ausnahme des Knorpelgewebes bei dem Menschen — treten diese Zellen, die fixen Bindegewebszellen, durch Ausläufer mit einander in Verbindung. Die communicirenden, mit Protoplasma und Flüssigkeiten gefüllten Räume, welche dadurch in der Intercellularmasse ent-

Es ist fraglich, ob diese Zellgestalten nicht zum Theil bei der Untersuchung entstehende Kunstprodukte sind. Die Zellen werden im lebenden Gewebe von der Grundmasse meist fast ganz verdeckt und werden gewöhnlich erst nach Anwendung verdünnter Essigsäure sichtbar.

Fig. 23.



Knochenkörperchen (aa) mit ihren zahlreichen Ausläufern, einmündend in den quer durchschnittenen Havers'schen Canal (b).

Fig. 24.



Ein Stückchen lebendes Bindegewebe des Frosches, zwischen den Oberschenkelmuskeln herausgeschnitten (mit starker Vergrößerung): a Contrahierte blasse Zelle mit einem dunkleren Klümpchen im Innern; b strahlig ausgestreckte Bindegewebskörperchen; c ein solches mit bläschenförmigem Nukleus; d und e bewegungslose grobkörnige Zellen; f Fibrillen; g Bündel des Bindegewebes; A elastisches Fasernetz.

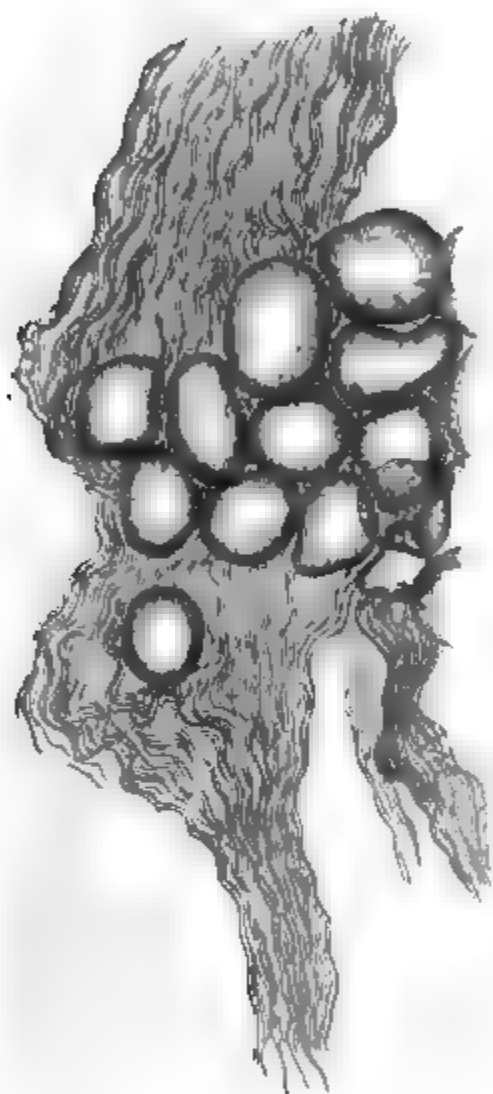
In den Sehnen, welche nach LEYDIG und G. R. WAGENER primär aus dem Sarcolemma der Muskelfasern hervorgehen (cf. unten), fand F. BOLL die zwischen den parallellaufenden Fibrillen liegenden, kettenförmig angeordneten Zellen als rechteckige und rhomboidische Elemente mit grobkörnigem Protoplasma und Kern. In der Richtung des grössten Durchmessers verläuft bald an der Kante firstartig, bald in der Mitte der ganzen Länge der Zelle ein elastischer Streifen. Die Gestalt der Zellen scheint durch die Einwirkung der Essigsäure auf dieses elastische Gebilde verkürzt. A. SPINA gelangte bei seinen Sehnenuntersuchungen wesentlich zu gleichen Resultaten wie BOLL. Er fand die Sehnenzellen stets noch von besonderen Zellhüllen oder Scheiden umgeben, von welchen schmale, dünne Strahlen die Sehne in querrer Richtung durchsetzend ausgehen. Diese Hüllen und Fortsätze der Sehnenzellen sind es, welche die erste Anlage des elastischen Gewebes bilden sollen.

Sehr zartes Bindegewebe vom Frosch (z. B. zwischen den Schenkelmuskeln) erlaubt eine Untersuchung des lebenden Gewebes (Fig. 24). Die Zellen erscheinen dann hüllenlos meist aus sehr zartem Protoplasma mit undeutlichem Kern. Die Zellen senden zahlreiche Fortsätze aus, von welchen einige lange mit Ausläufern anderer Zellen in Verbindung treten, die Mehrzahl ist kurz und gibt dem Umfang der Zelle ein sternförmiges, gezacktes Aussehen. Andere derartige Zellen sind schärfer begrenzt mit bläschenförmigem Kern, manche zeigen grobkörniges Protoplasma und wurstartige Form. Mit Ausnahme dieser letzten Form sollen die Zellen eine träge Contractilität zeigen: sie ändern ihre Form, die Ausläufer treiben vor, verbinden sich mit denjenigen benachbarter Zellen und

Sehr zartes Bindegewebe vom Frosch (z. B. zwischen den Schenkelmuskeln) erlaubt eine Untersuchung des lebenden Gewebes (Fig. 24). Die Zellen erscheinen dann hüllenlos meist aus sehr zartem Protoplasma mit undeutlichem Kern. Die Zellen senden zahlreiche Fortsätze aus, von welchen einige lange mit Ausläufern anderer Zellen in Verbindung treten, die Mehrzahl ist kurz und gibt dem Umfang der Zelle ein sternförmiges, gezacktes Aussehen. Andere derartige Zellen sind schärfer begrenzt mit bläschenförmigem Kern, manche zeigen grobkörniges Protoplasma und wurstartige Form. Mit Ausnahme dieser letzten Form sollen die Zellen eine träge Contractilität zeigen: sie ändern ihre Form, die Ausläufer treiben vor, verbinden sich mit denjenigen benachbarter Zellen und

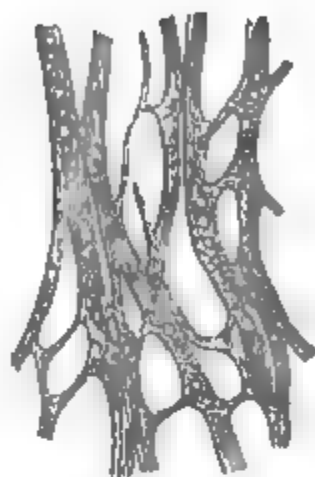
lösen sich wieder (Körner). In anderen Fällen scheinen die Ausläufer constante Bildungen und die Zellen durch präformirte Hohlbahnen in der Zwischensubstanz mit einander in Verbindung. Von RECKLINGHAUSEN sah, wohl in diesen Bahnen, die erwähnten kleinen amöboiden Zellen: Wanderzellen, sich bewegen und ihren Ort verändern (cf. unten Kap. III und bei Hornhaut).

Fig. 25.



Lockiges Bindegewebe mit Fettzellen vom Menschen, 350mal vergr.

Fig. 26.



Elastisches Netz aus der Tunica media der Art. pulmonalis des Pferdes mit Löchern in den Fasern, 350mal vergr.

Ähnlich morphologisch verschieden wie die Zellen zeigt sich die Inter-cellularsubstanz. Während sie bei den weichsten zur Bindegewebsgruppe zu rechnenden Gebilden: dem gallertigen Bindegewebe bei dem erwachsenen Menschen im Glaskörper des Auges, eine gallertige, schleimähnliche Beschaffenheit zeigt, die auf der Anwesenheit des Mucins oder eines verwandten Stoffes beruht, besitzt sie eine grosse

Festigkeit und Elasticität bei den die Muskeln und Drüsen verbindenden Häuten, noch mehr bei den Sehnen und Sehnenhäuten. Die Zwischenmaterie zeigt in den letztgenannten Fällen ein spezifisches Aussehen, es scheinen wellenförmig, lockig gekrümmte feine Fasern die Grundmasse zu bilden, wonach man diese Gewebe als lockiges Bindegewebe bezeichnet (Fig. 25). Diese Inter-cellularmasse zeigt in einzelnen Partien gewöhnlich eine eigenthümliche Härtung und Verdichtung entweder bloß an den Grenzschichten oder auch wohl als Streifen mitten durch das Ganze, wo-

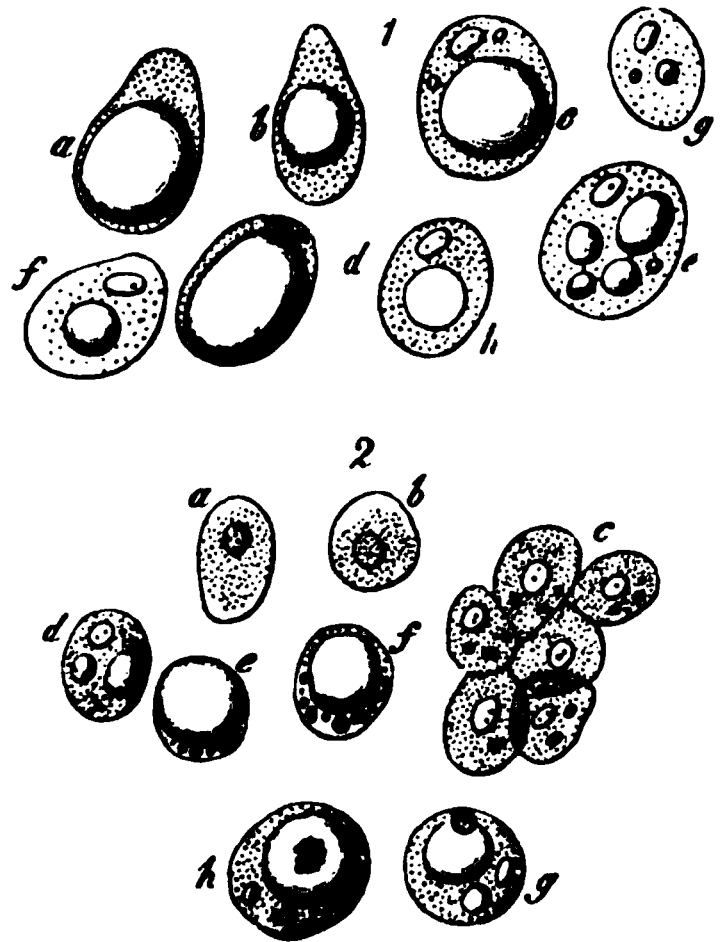
durch sie eine Veränderung ihres Lichtbrechungsvermögens erfährt. Solches Bindegewebe trägt den Namen elastisches Gewebe, da es sich durch grosse Elasticität auszeichnet (Fig. 26). (Das Nähere über Bindegewebe folgt bei der Besprechung der einzelnen betreffenden Organe.)

Zeigt sich die elastische Substanz bloß an den Grenzlagen, so haben wir die Glashäute vor uns, denen wir bei Besprechung des Drüsengewebes z. Thl. als «eigene Häute» der Drüsen, als Membranæ propriae wieder begegnen werden. Erscheinen nur netzförmig elastische Züge in der Zwischenmaterie, so entstehen daraus die elastischen Spiralfasern, Fasernetze und Platten. Gleichzeitig geht auch eine chemische Umwandlung in der Grundsubstanz vor sich, welche das elastische Gewebe weit resistenter gegen chemische Einwirkungen macht als die Grundmasse des lockigen Bindegewebes. Besteht der Inhalt der Bindegewebszellen grossentheils aus Fett, so bekommt das Gewebe den Namen Fettgewebe (Fig. 27), füllen sich die ästigen Zellen mit dunklem, körnigem Pigment, so erhalten sie den Namen «verzweigte oder sternförmige Pigmentzellen».

Zur Herstellung des nicht nur sehr biegsamen und elastischen, sondern auch einen hohen Grad von Festigkeit besitzenden Gewebes des Knorpels findet sich eine besondere chemische Modification des Inter-cellularstoffes verwendet, welcher entweder homogen aus den Zellen in grösserer oder geringerer Mächtigkeit differenziert ist oder eine ähnliche Verdichtung und Härtung wie bei der Bildung des elastischen Gewebes erfährt. Doch verlaufen die elastischen Fasern im Knorpel weniger regelmässig als im lockigen Bindegewebe, sie sind verfilzt und haben ein weniger glänzendes, mehr körniges Aussehen; in chemischer Beziehung verhalten sie sich dem elastischen Gewebe analog. Man unterscheidet je nach der Beschaffenheit und dem Aussehen der Grundsubstanz den hyalinen oder echten und den gelben oder Faserknorpel. Der hyaline Knorpel zeigt gegenüber dem gelben ein milchweisses, bläuliches, seltener ein gelbliches Aussehen. In manchen Fällen befindet sich zwischen seinen Zellen nur sehr wenig Grundsubstanz. Bei dertümigem Knorpelgewebe finden sich lebhaftere Lebensvorgänge, so dass selbst ziemlich rasch wachsende krankhafte Neubildungen aus solcher Knorpelmasse bestehen. In den Fällen, in welchen die Grundsubstanz überwiegt, sind die organischen Vorgänge im Knorpel sicher nur sehr geringe. Die Zellen besitzen keine Ausläufer, die sie unter einander in Verbindung setzen, es ist der Stoffverkehr dadurch in der Zwischensubstanz auf ein Minimum herabgedrückt, wodurch besonders die Wachstums- und Neubildungs-Erscheinungen sehr in den Hintergrund gedrängt werden. Knorpelwunden heilen nur sehr schwer und langsam, was auch noch durch den Mangel an Blutgefässen erklärlich wird.

Zur Bildung der eigentlich starren Gerüsttheile des menschlichen und thierischen Organismus ist ebenfalls das Bindegewebe verwendet, welches durch Einlagerung von erdigen Bestandtheilen — kohlensaurem und namentlich phosphorsaurem Kalk — in die Zwischenzellenmasse zu einem Baumaterial umgeschaffen wird, welches neben hoher Elasticität einen bedeutenden Grad von Festigkeit erreicht. Die Inter-cellularsubstanz des Knochens hat die geschichtete Beschaffenheit wie die des gewöhnlichen Bindegewebes, die Lamellen sind in Folge des härteren und damit schärfere Contouren gebenden Materiales noch klarer und markirter als bei jenem. Alle Species der Binde-substanz können ossificiren; es entsteht wahre Knochenstructur bei den embryonalen Skeletanlagen sowohl aus dem lockigen Bindegewebe als aus dem Knorpel. In manchen Fällen verkalken Theile der äusseren Haut, der Schleimhäute, der interstitiellen Binde-substanz zwischen Muskeln und Drüsen. Man spricht von einem Incrustations- und einem wahren Verknöcherungsprocesse. Bei ersterem verbleiben die sich absetzenden Kalktheile selbständiger und stellen grössere Kalkkugeln und Kalkkrümeln dar, bei letzterem verschmelzen sie mit der Zwischensubstanz morphologisch zu einer Masse. Die Incrustation ist gewöhnlich das Vorläuferstadium der wahren Ossification und bleibt nur selten permanent. Bei der Ablagerung der Kalksalze in die Inter-cellularsubstanz wandeln sich die zelligen Knochentheile in die specifischen

Fig. 27.



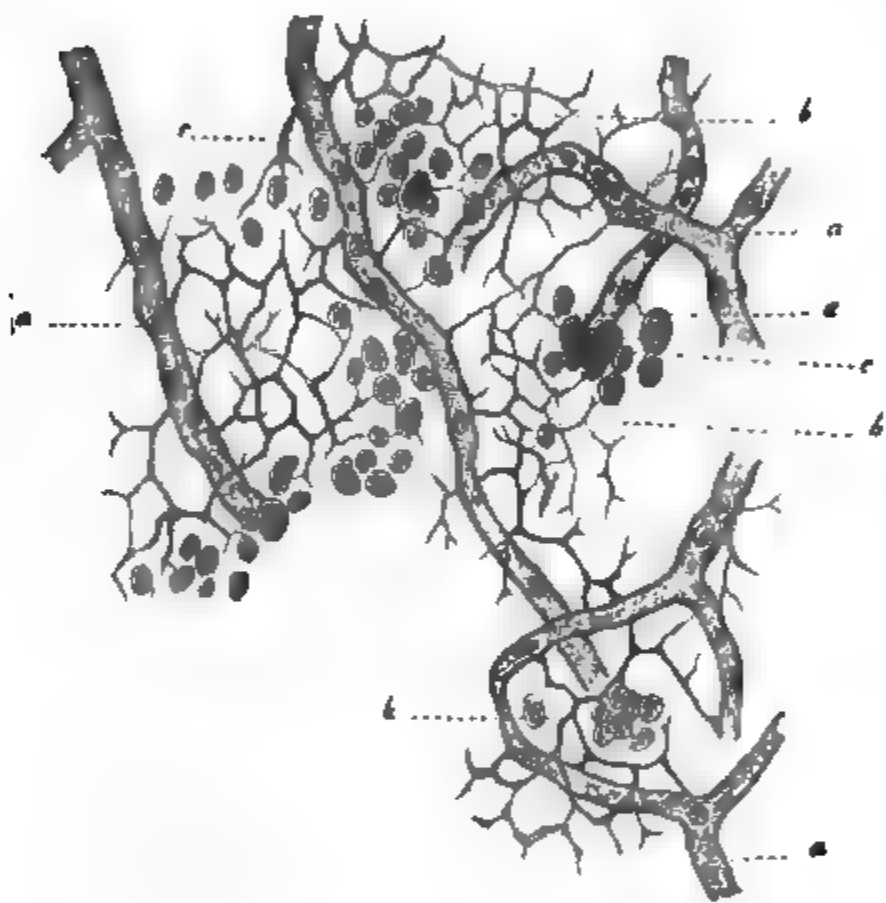
Unvollkommen mit Fett erfüllte Zellen. 1. Solche aus dem Unterhautzellgewebe einer abgemagerten menschlichen Leiche, die fettige Inhaltsmasse verlierend; a mit einem grossen, b mit einem kleineren Fetttropfen; c und d mit sichtbarem Kerne; e eine Zelle mit getrennten Tröpfchen; f mit einem einzigen kleinen Tröpfchen; bei g fast fettfrei und bei h ohne Fett mit einem Tropfen eiweissartiger Substanz im Innern. 2. Zellen des Fettgewebes aus der Umgebung der Niere eines zehnzölligen Schafembryo, sich mit Fett mehr und mehr erfüllend; a und b isolirte Zellen noch ohne Fett; c ein Haufen derselben; d—h Zellen mit steigender Einlagerung der fettigen Inhaltsmasse.



Knochenzellen oder Knochenkörperchen um. Bei der Ossification des lockigen Gewebes gehen, wie es scheint, die verästelten Bindegewebszellen oder Bindekörperchen direct in die verästelten Knochenkörperchen über; bei der Verknöcherung des Hyalinknorpels beobachtet man, dass die Knorpelzellen während der Verkalkung sternförmig auswachsen und so ebenfalls zu verästelten Knochenkörperchen werden.

Die strahlenförmigen Ausläufer der Bindegewebszellen und ihrer Hüllen, welche einzelnen Zellen unter einander in Verbindung setzen, stellen ein mehr oder weniger weitmaschiges Netzwerk dar, in welchem die verschiedenen Zwischensubstanzen gleichsam s. v. v. eingelagert sind. Eine ziemlich ausgedehnte Gewebsgruppe zeigt uns solche Maschenräume zwischen verästelten, unter einander zusammenhängenden Zellen nicht erfüllt mit einer mehr oder weniger gleichartigen Intercellularmasse, sondern mit einer Unzahl kleiner granulirter Zellen, welche den Elementen der Lymphe übereinstimmen. Man hat dieser verbreiteten Gewebsform verschiedene Namen beigelegt:

Fig. 28.



Retikuläre Binde-substanz mit Lymphzellen aus dem PÉTER'Schen Follikel des erwachsenen Kaninchens. a Haargefässe; b Netzgerüste; c Lymphzellen (die meisten durch Auspinseln entfernt).

gene Binde-substanz, adenoide Substanz oder reticuläre Binde-substanz (FRET) (Fig. 28). Diese Gewebsform bildet gleichsam Uebergang zu dem Drüsengewebe. Das bindegewebige Gewebe der Nervencentralen sowie der nervösen Theile der Sinnesorgane hat gewisse Aehnlichkeit mit dem reticulären Bindegewebe. Es bedarf seiner näheren Beschreibung in betreffenden Organen, eben so wie das Zahngewebe.

Die Binde-substanz tritt ausschliesslich als Theil in der Blut- und Lymphgefässe auf, ja die Lymphgefässe scheinen vorwiegend in den Netzen der Hohlräume in der Binde-substanz, in welchen Binde-gewebskörperchen dargestellt zu werden. Nicht existiren Capillargefässe als Bestandtheile der Binde-substanz;

sind nicht alle Arten dieses Gewebes gleichmässig mit Gefässen durchsetzt, im Knorpel ist sie fast durchaus gänzlich. Bei niederen Thieren bewegt sich die Ernährungsflüssigkeit in den Lacunen, aus Bindegewebe gebildet.

Die Entwicklungsgeschichte zeigt die Zusammengehörigkeit aller dieser verschiedenartig erscheinenden Bildungen mit vollkommener Sicherheit (cf. oben S. 26 u. 27, Angaben von HIS). Die Binde-substanzen entwickeln sich in dem frühesten Fötalleben aus dem mittleren Keimblatte aus einer gleichartigen Anlage, die aus zarten, rundlichen mit bläschenförmigen Kernen besteht, welche gedrängt in einer spärlichen, eiweissartigen Intercellularmasse, Umwandlungsproduct ihres Protoplasmas, eingelagert sind (KÖLLIKER aus «wandungslosen bis zur Verschmelzung genäherten Embryonalzellen» (M. SCHULTZE) jenen Formen der Binde-substanz, bei welchen die Zellen in ihrer späteren Entwicklung die faserförmige Gestalt annehmen, ist die beschriebene erste Erscheinungsform des Bindegewebes eine rasch vorübergehende. Bald sieht man spindel- und sternförmige Zellen eingebettet



ansehnlichere Mengen von Zwischensubstanz. Von der gleichen Anlage aus bilden sich die Binde-substanzen also in verschiedener Weise aus. So entstehen mehrere zusammengehörige und gleichlaufende Gewebsreihen, deren Glieder sich in einander umbilden können.

Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass das Bindegewebe bei allen Wirbelthieren in derselben Weise auftritt wie bei dem Menschen. Bei den Vögeln verknöchern die Sehnen regelmässig. Bei den wirbellosen Thieren behält das Bindegewebe meist einen gewissermassen embryonalen Bau als einfache zellige Binde-substanz (bei den Mollusken und Decapoden) oder als gallertige Binde-substanz (Mollusken), selten wird es mehr faserig wie bei den Cephalopoden, im Mantel der Muscheln, im Stiel der Lingulen und Cyrripeden, bei den Echiniden. Das feste Bindegewebe des Leibesgerüsts wird bei den niederen Thieren entweder durch eine dem Knorpel sich annähernde Modification der einfachen, zelligen Binde-substanz oder durch eine aus Chitin oder Cellulose (= Tunicin, nur bei Ascidien gefunden) bestehende Substanz oder durch kalkige und hornige Theile ersetzt. Das feste Gerüste wird bei den Fischen vorzüglich aus Knorpel, Knorpelknochen, osteoïder Substanz und Zahnbein gebildet, bei allen höheren Wirbelthieren ist es echter Knochen der Hauptmasse nach. Die allgemeine Körperhaut (Cutis) besteht aus den verschiedensten Gestaltungen der einfachen Binde-substanz und des Bindegewebes, es kommen in ihr Knorpel-, Knochen-, ja selbst Zahnbildungen der mannigfachsten Art vor. Die Chitingebilde der Arthropoden sind Cuticularbildungen.

## Vegetative Gewebe.

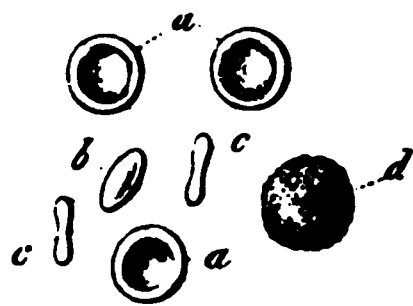
### Blut- und Oberhautgewebe.

Als zweite Hauptgruppe der Gewebe haben wir diejenigen bezeichnet, welche den vegetativen Vorgängen im menschlichen und Säugethier-Organismus vorstehen. Hier vereinigen sich Bildungen der drei Keimblätter.

Unter die vegetative Gruppe fallen die Zellen des Blutes und der Lymphe (die man nach den entwicklungsgeschichtlichen Angaben von His, cf. oben, auch zu den Binde-substanzen stellen könnte), dann die Zellen, welche die freie Oberhaut des Körpers und seiner grösseren Hohlgebilde überziehen und die sogenannten Epithelien bilden, und die Drüsenzellen, welche die verschiedenen Drüsenräume auskleiden oder anfüllen und gewöhnlich mit Epithelzellen continuirlich zusammenhängen.

Während in den vorhin besprochenen Geweben die Inter-cellularsubstanz die Hauptmasse bildete, behalten in dieser Gewebsgruppe die Zellen die Oberhand. Meist ist der Inter-cellularstoff auf ein so geringes Minimum beschränkt, dass er eben nur hinreicht, die einzelnen Zellen unter einander zu verkleben. Bei dem Blute und der Lymphe bleibt er flüssig, so dass die Zellen frei in ihm schwimmen (Fig. 29).

Fig. 29.



Glattrandige scheibenförmige Blutkörperchen a b c und eine granulirte farblose Blutzelle d, deren Kern verdeckt ist, vom Menschen.

Wie die Functionen der vegetativen Sphäre dem Thiere und der Pflanze gemeinsam zukommen, so ist auch das im Thierorganismus diesen Thätigkeiten als materielle Basis dienende Gewebe dem Pflanzengewebe am ähnlichsten gestaltet. Die Zellen lagern sich dicht an einander und platten sich auf das Mannigfachste ab. Dabei behauptet jede einzelne Zelle fast vollkommen ihre individuelle Selbständigkeit, so dass man die zu besprechende Gewebsgruppe als Gruppe der selbständig gebliebenen Zellen bezeichnen kann. Wenn wir

von den Organen, welche aus diesen Geweben zusammengesetzt sind, gemeinschaftliche Wirkungen hervorgebracht sehen, so betheiligt sich doch jede einzelne der gewebebildenden Zellen in individueller Weise an dem schliesslichen Resultate. Jede einzelne Zelle ist eine abgeschlossene, chemisch-physikalische Werkstätte, welche Stoffe aufnimmt, umwandelt, abgibt.

In dem thierischen und menschlichen Körper betheiligt sich nur ein verhältnissmässig geringerer Theil an den eigentlich vegetativen Processen, der grösste Theil ist mit Einschluss der Hauptmasse der Bindesubstanzen (Knochen, Sehnen Bänder, Häute etc.) den animalen Functionen der Bewegung und Empfindung gewidmet.

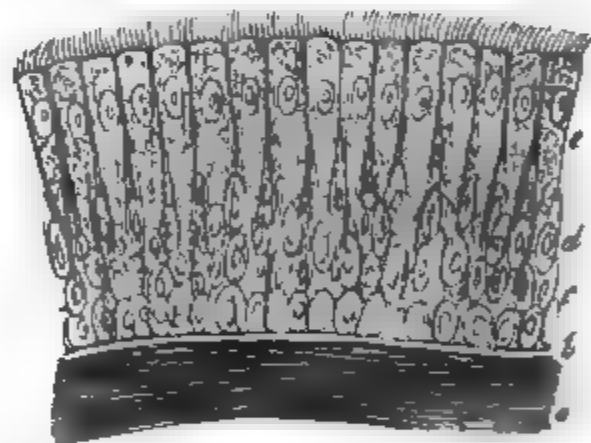
Die Anordnung der Zellen ist in dieser Gewebsgruppe primär eine flächenhafte. Wir sehen alle freien Oberflächen des Körpers, innere und äussere, mit Lagen oder Häuten selbständiger Zellen tapezirt, die in dieser Aneinanderlagerung den Namen Epithelien führen, wobei man morphologisch und entwicklungsgeschichtlich, nach ihrer Lage und Entstehungsgeschichte: Ektothelien und Endothelien unterscheidet. Die Epithelzellen sind von der mannigfaltigsten Gestalt und Aneinanderlagerung. Entweder bleiben sie, wie in allen inneren Höhlungen, als Ueberzüge der sogenannten Schleimhäute weich und kernhaltig; oder sie sind wie an der Oberhaut der äusseren Körperbedeckung des Menschen theilweise zu trockenen Blättchen geworden, verhornt (Horngewebe); die aus solchen, in Alkalien wieder kugelig aufzuquellenden feinen Zellenblättchen bestehende obere Hautlage heisst Epidermis (Fig. 30). Je

Fig. 31.

Fig. 30.



Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo noch weich wie Epithelium, 350mal vergr.



Flimmerepithelium von der Trachea des Menschen, 350mal vergr. a äusserster Theil der elastischen Längsfaser. b helle äusserste Lage der Mucosa, c tiefste runde Zellen, d mittlere längliche, e äusserste Flimmer tragende.

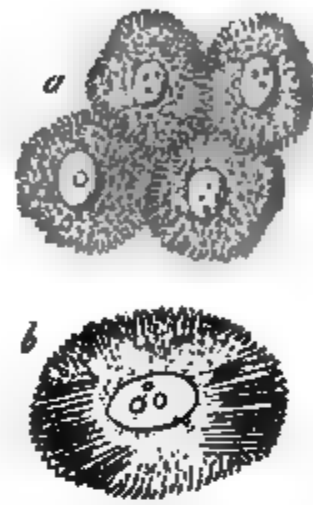
nachdem die Zellen in ein- oder mehrfacher Schicht das Epithel zusammensetzen oder ihre Gestalt vom Rundlichen ins Polygonale oder Kegelförmige abändern oder in Flimmerhaare ausgewachsen sind, spricht man von einem einfachen Epithel, einem geschichteten Epithel, Platten-, Cylinder-, Flimmer-Epithel. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass geschichtetes Epithel und Epidermis in verschiedenen Lagen sehr differente Zellformen haben können (Fig. 34). So zeigt die Oberhaut des Menschen zu oberst feste Hornblättchen, welche kaum mehr an Zellen erinnern, in tieferen Lagen, in der sogenannten »Schleimschicht«, besteht sie aus rundlichen oder polygonalen

Zellen mit Kernen; derartige Zellen, deren Oberfläche ringsum mit Spitzen, Stacheln und Leisten besetzt ist, welche zwischen analoge Vorsprünge der Nachbarzellen eingreifen wie zwei mit den Borsten in einander gepresste Bürsten, werden als Stachel- und Riffzellen bezeichnet (M. SCHULTZE) (Fig. 32).

Zu den Epidermisbildungen gehören die Nägel und Haare (Horngewebe), sowie die Krystalllinse des Auges.

Die Cuticularbildungen sind geformte Ausscheidungen des Epithelgewebes. Sie überziehen entweder die freie Wand der einzelnen Zellen und können dann sowohl als dünne Säume oder wie bei dem Schmelz der Zähne als 3—6eckige Prismen erscheinen, oder sie überziehen die freien Wände angrenzender Zellen im Zusammenhang als einfaches oder geschichtetes Häutchen. Diese Häute sind es, die man vorzugsweise als Cuticulae bezeichnet. Andererseits rechnet man hierher wohl die Basalmembranen Basement membranes S. 17), auf denen die Epithelzellen oft aufsitzen. Bei den Gliedertieren kommen dicke, geschichtete, faserige, entweder weiche oder hornartige, auch verkalkte Cuticulae vor, die zum Theil aus Stoffen (Chitin) bestehen, die sonst nirgends gefunden werden.

Fig. 32.



Bogenannte Stachel- oder Riffzellen *a* aus den untern Schichten der Epidermis des Menschen; *b* eine Zelle aus einer Papillargeschwulst der menschlichen Zunge (letzte Copie nach SCHULTZE).

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Epithelien und Epidermis gehen ihrer Hauptmasse nach aus den beiden begrenzenden Keimblättern, dem oberen und unteren, hervor. Der epitheliale Ueberzug der serösen Körperhöhlen mit dem der Schleimbeutel und der Sehnenscheiden, sowie die Intima der Gefäße scheinen sich mit den Organen, die sie überkleiden, aus dem mittleren Keimblatt zu entwickeln. Sie zeigen manches Eigenthümliche im Bau und im physiologischen Verhalten, weshalb man in neuester Zeit diese Binnenepithelien auch als unechte oder Endothelien bezeichnet. — Das obere Keimblatt, Hornblatt, liefert die Epidermis mit Nägeln, Haaren, Krystalllinsen, mit den Hautdrüsen und Milch- und Thrüendrüsen, welche also zu den Epidermisbildungen zu rechnen sind, wie der epitheliale Ueberzug der Höhlen des Centralnervensystems und das Pigment-Epithel der Choriocidea. Das Darmdrüsenblatt oder untere Keimblatt liefert die Epithelien des Verdauungsapparates, sowie die zelligen Theile aller dazu gehörigen Drüsen, auch der Lunge, Leber, Niere. Während die Epidermis meist rundliche oder platte Zellformen zeigt, zeigt das Epithel vorwiegend Cylindereellen, zum Theil bewimperte. Die Epidermis lässt schon bei dem Embryo von 4 Wochen zwei Zellschichten erkennen als Anlage der Schleim- und Hornschicht.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Abgesehen von den Cuticularbildungen etc. zeigt sich das Oberhautgewebe bei den Thieren von ziemlich analoger Bildung. Das Hornsewebe erscheint bei den Thieren verbreiteter und eigenthümlich geformt, und zwar betheiligen sich Epidermis und Epithelien an seiner Erzeugung. Als Gebilde der Epidermis der äusseren Haut sind zu nennen: Krallen, Klauen, Hufe, Hörner, Stacheln, Platten, Schilder, Borsten, Federn etc., als Epithelialgebilde von Schleimhäuten erscheinen die bei verschiedenen Thieren vorkommenden Hornscheiden der Kiefer, Hornzähne, die Walfischbarben, die Zungenstacheln und Platten bei Vögeln, Säugern und Amphibien, die Stacheln der Speiseröhre bei Schildkröten etc. (KÖLLIKER. Ueber Blut cf. in der speciellen Physiologie).

### Drüsengewebe.

Fast bei allen Häuten, welche einen Epithelialüberzug besitzen, zeigt sich im Princip gleichmässige Methode der Flächenvermehrung realisiert. Es finden sich nämlich in dem diesen Häuten als Gerüst dienenden Bindegewebe eine

grosse Anzahl von Ein- und Ausstülpungen, von Höhlen-, Buchten- und Zottenbildungen, welche alle von Drüsen-Epithelzellen überkleidet werden. Diese mit Zellen ausgestülperten Einstülpungen und Höhlen der mit Epithel bekleideten Häute sind das, was man in der Anatomie vorzugsweise als Drüsen bezeichnet. Ihre Hauptgrundform lässt sich, abgesehen von den einzelligen Drüsen (cf. unten), auf die eines einfachen Schlauches: »Handschuhfingerform«, zurückführen; von der Fläche auf dem Durchschnitt gesehen, besitzen sie eine langgestreckte U-förmige Gestalt. Durch Aufrollung, Verästelung, theilweise Ausbuchtungen etc. wird diese Urgestalt der Drüse mannigfach abgeändert. Den inneren Ueberzug des Nahrungsschlauches, die Schleimhaut des Magens und der Gedärme, können wir uns mit seinen Ein- und Ausbuchtungen unter dem Bilde versinnlichen, als hätte man in die aus plastischer Masse bestehende Haut dicht neben einander mit einem unten abgerundeten Stäbchen Vertiefungen eingedrückt. Die Epithelzellen folgen allen diesen Eindrücken und bilden damit die einfach schlauchförmigen Magen- und Darmdrüsen (Fig. 33).

Fig. 33.



Einfache schlauchförmige Drüsen der Magenschleimhaut vom Menschen.

Manche Schlauchdrüsen rollen ihre Enden zu einem Knäuel zusammen, der dann einen einfachen Ausführungsgang zeigt, wie die Schweißdrüsen der Haut (Fig. 34). An anderen Drüsenschläuchen zeigt sich die Höhlung selbst vielfach ausgebuchtet, gleichsam verästelt, so dass nach mannigfachen Uebergängen daraus traubenförmige Drüsen, wie in den Schleimhäuten der Mund- und Respi-

Fig. 34.



Eine Knäueldrüse aus der Conjunctiva des Kalbes

ausgebuchtet, gleichsam verästelt, so dass nach mannigfachen Uebergängen daraus traubenförmige Drüsen, wie in den Schleimhäuten der Mund- und Respi-

Fig. 35.



Eine BRUNNEN'sche Drüse des Menschen.

tionshöhle etc. (Fig. 35), oder geschlossene, mit einem Epithel ausgekleidete Blasen wie bei der Thyroidea entstehen. Dieselben Bildungen, welche wir bisher im Kleinen besprochen haben, können durch Vereinigung analoger Bildungen auch eine bedeutende Grösse annehmen. Diese grossen Drüsen besitzen

dann 'meist' in ihren einzelnen Abschnitten oder im Ganzen ebenfalls entweder einen schlauchförmigen oder einen traubenförmigen Bau, sie werden, im Gegensatz zu den bisher abgehandelten einfachen, zusammengesetzte Drüsen genannt. Als Beispiele einer zusammengesetzten traubenförmigen Drüse können die Speicheldrüsen der Mundhöhle dienen, für eine zusammengesetzte schlauchförmige die Nieren (cf. specielle Physiologie). Diese grösseren Drüsen sind meist mit einer bindegewebigen Kapsel umschlossen, welche Fortsätze als Scheidewände und Stützen in das Innere hereinsendet. In diese Bindegewebshöhlen und Gerüste sind die Drüsenschläuche gleichsam eingekittet. Wo die Drüsenzellen dem Bindegewebengerüste ansitzen, findet sich die Intercellularsubstanz zu jenen oben besprochenen, glasartigen, inneren Grenzhäuten (Basalmembranen) verdichtet, welche mit der Grundsubstanz des übrigen Bindegewebes zusammenhängen. Diese elastischen Grenzsichten sind meist das, was man die eigenen Häute, die *Membranae propriae* der Drüsen nennt. Man unterscheidet demnach an dem Schema einer Drüse den meist von der *Membrana propria* gebildeten Drüsenschlauch und das denselben auskleidende Drüsenepithel. Die Drüsenzellen besitzen eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Gestaltungen, wie sie uns bei den Epithelzellen begegnete. — Bei den Lungenbläschen ist das Epithel nur spärlich auf der *Membrana propria*, bei anderen Drüsen (Leber) ist dagegen die *Membrana propria* verkümmert, die eigentlichen Drüsenschläuche fast ganz mit Zellen erfüllt, welche nur interstitielle Räume zwischen sich lassen.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Bei den Epithelial- und Epidermisbildungen wurde schon erwähnt, dass die Drüsen sowohl aus dem oberen, als aus dem unteren Keimblatte gebildet werden. Ihre Entstehungsweise zeigt viele Analogien. Die aus dem oberen 'Hornblatt' sich entwickelnden Drüsen der Haut etc. zeigen sich zuerst als solide Wucherungen von Zellen, welche, von der Schleimschicht der Oberhaut ausgehend, in die tieferen Lagen der Cutis hereinwuchern. Anfänglich sind diese Zellenwucherungen, welche zuerst flaschen- oder warzenförmig sind, weder von einer *Membrana propria* umkleidet, noch besitzen sie Hohlungen. Erstere bildet sich als Cuticularbildung von den Grenzzellen des Haufens aus, die Höhlung entsteht meist durch Auflösung der mittleren Zellschichten. Die umgebende Partie der Cutis wird zur bindegewebigen Umhüllungsmasse der Drüse. Aus dem Hornblatte bilden sich so in analoger Weise Schweiss-, Talg-, Milch- und Thränendrüsen, Meibom'sche Drüsen (Fig. 36). Alle Anhänge der Epidermis entstehen in analoger Weise zuerst als solide Wucherungen des Hornblattes, zu denen sich dann nachträglich noch Umhüllungen vom mittleren Keimblatt, von dem die Cutis stammt, gesellen. Während sich bei den Drüsen die Epidermiszellen in Drüsenzellen umwandeln, werden sie bei den solid bleibenden Epidermisfortsätzen oder Horngebilden, Haaren, Nägeln, zu den specifischen Schüppchen. Ein Haar und Nagel sind also sozusagen trockene Hautsecrete

Fig. 36.



Die Schweissdrüse eines Fötus von 5 Monaten. a b Die oberflächlichen und tieferen Schichten der Oberhaut. Letztere bilden in zapfenartiger Wucherung die Drüsenlage d.

Kolliden, die sich mit den flüssigen in gewissem Sinne vergleichen lassen. Eine Anzahl der von dem unteren Keimblatt (Darindrüsenblatt) sich bildenden Drüsen entsteht auf analoge Weise aus soliden Zellenanlagen, die sich in die unterliegenden Gebilde einsenken, z. B. in Barren'schen und übrigen traubigen Schleimdrüsen, Speicheldrüsen. Andere beginnen

als hohle Einstülpungen, deren Zellenauskleidung zu den Drüsenläppchen auswuchert: Pankreas, Lunge etc.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Fast alle Drüsen im ganzen Thierreiche lassen sich unter die oben gegebene Eintheilung bringen. Bei Arthropoden und Würmern kommen einzellige Drüsen vor; eine von der Drüsenzelle gelieferte Membrana propria umschliesst in ihrem erweiterten, blinden Ende die einzige Secretionszelle und setzt sich in einen feinen Ausführungsgang fort. Oder es werden eine Anzahl solcher Drüsen von einer Membrana propria umgeben, deren Intima aus Chitin bestehen kann und sich so deutlich als Cuticularbildung documentirt. Manche Drüsenzellen von Insecten erreichen eine Grösse von circa 0,2 mm, ihre Kerne zeigen Verästelungen, und KÖLLIKER sah Lufröhren (Tracheen) in das Innere einzelner solcher Zellen eindringen, wodurch ein Uebergang zu höheren Gewebselementen angedeutet ist. Bei Lepidosiren fand K. einzellige, flaschenförmige Schleimdrüsen der Haut entsprechend den Schleimzellen in der Haut der Fische.

## Animale Gewebe.

### Muskeln.

Die formellen Grundlagen der animalen Thätigkeiten, der Empfindung und Bewegung, sind das Nerven- und Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe besteht aus zwei Gruppen von Formelementen, deren Verschiedenheiten sich auf einen Grundtypus zurückführen lassen. Die contractile, rundliche, embryonale Muskelzelle wächst mehr oder weniger in die Länge, wobei auch der Kern die Längsform annimmt. Dabei bleibt entweder die Zelle einkernig oder sie entwickelt mehrere Kerne, so dass sie dadurch die Dignität einer Zellenreihe erhält. Die einkernigen Muskelzellen bleiben meist kurz und damit ihre Wirkung auf kleine Räume beschränkt, doch können sie, wie z. B. im schwangeren Uterus, auch sehr bedeutende Grösse erlangen (Fig. 37 und 38). Die mehrkernigen Muskelfasern erreichen bei dem Menschen stets eine sehr bedeutende Länge.

Nur ein Theil der Bewegungen des menschlichen Organismus bedarf zu ihrem Zustandekommen den Anstoss eines Willensactes. Die Bewegungen bei dem Verdauungsvorgang und der Blutcirculation, die Auspressung der Drüsen-secrete aus dem Innern der Drüseneinbuchtungen sind unwillkürliche Bewegungen. Sie werden von den unwillkürlichen oder organischen Muskeln verrichtet, welche eine Zusammenhäufung von einkernigen, durch eine mikroskopisch nicht direct sichtbare Zwischenmaterie vereinigten Muskelzellen sind. Das Plasma dieser Zellen hat die Eigenschaft der Contractilität in hohem Maasse, d. h. es ist im Stande, sich auf Reize, die ihm in normalen Fällen vom Nervensysteme vermittelt werden, zusammen zu ziehen, seinen Längsdurchmesser zu Gunsten des Querdurchmessers zu verkleinern. Die Zellenhülle, die übrigens an vielen dieser Muskelzellen nicht nachzuweisen ist, nimmt daran vermöge ihrer Elasticität nur einen passiven Antheil. Der Zellkern ist meist stäbchenförmig, lang und liegt central in der spindelförmigen Zelle. Die organische Muskelzelle ist im Mittel 0,04—0,09 mm lang und 0,004—0,007 mm breit, selten ist ihre Form relativ kürzer und breiter; im Durchschnitt erscheinen sie entweder walzenförmig oder abgeplattet.

In dem Protoplasma der unwillkürlichen Muskelzellen finden sich Körnchen, welche sich optischen Hilfsmitteln gegenüber verschieden von der anderen



Inhaltsmasse verhalten: sie brechen das Licht doppelt. Diese doppelbrechenden Körperchen zeigen hier nur selten eine regelmässige Anordnung, wodurch der Muskelzelleninhalt eine zarte Längsstreifung erhält; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind sie ganz unregelmässig gestellt, so dass der Inhalt ein fast homogenes, glattes Aussehen besitzt. Man nennt danach die unwillkürlichen Muskeln auch glatte Muskeln.

Um willkürliche, rasche Kraftäusserungen hervorzubringen, hat die Natur jene oben erwähnten, mehrkernigen, langgestreckten Muskelzellen benutzt. Eine scharfe Grenze zwischen den beiden Muskelarten kann nach den neueren Erfahrungen nicht mehr gezogen werden. Die willkürlichen Muskelfasern oder Muskelprimitivcylinder sind von einer structurlosen Membran umschlossen, sie trägt den Namen Sarkolemma oder Myolemma. Gewöhnlich an der Innenfläche des Sarkolemma liegen in bedeutender Anzahl rundliche oder verlängerte Zellkerne in regelmässigen Abständen an. Meist haben diese Muskelfasern die Form von langgestreckten Spindeln oder Walzen. Der Inhalt des Sarkolemm Schlauches, das umgewandelte Protoplasma der willkürlichen Muskelzellen, hat die Fähigkeit der Contractilität in noch höherem Masse, als das der willkürlichen. Die hier in grosser Anzahl vorkommenden doppelbrechenden Körperchen besitzen eine sehr regelmässige Anordnung in Querreihen, wodurch eine regelmässige Querstreifung des Muskelinhaltes entsteht. Man nennt danach die willkürlichen Muskeln auch quergestreifte. Das Herz der Säugethiere und des Menschen, obwohl ein unwillkürlicher Muskel, besteht ebenfalls aus quergestreiften Fasern. — Die Primitivmuskelcylinder lagern bündelweise an einander, durch zarte bindegewebige Membranen, Perimysium, umschlossen und zusammengehalten zu primitiven Muskelbündeln. Diese sind wieder zu mehreren von Bindegewebe umkapselt und stellen so die makroskopischen Muskelbündel dar, aus welchen sich die willkürlichen Muskelbündel zusammengesetzt erweisen. Die quergestreiften Muskeln zeigen hier und da, z. B. im Herzen, Verästelungen und Anastomosen. (Näheres cf. Cap. XI u. XIX.)

[ L. RANVIER unterscheidet die quergestreiften Muskeln weiter als „rothe“ und „blasser“ Muskeln. Die beiden Arten sind besonders deutlich und leicht bei Kaninchen zu unterscheiden. Die „blassen“ Muskeln nähern sich in ihrem physiologischen Verhalten mehr den glatten. (Die Zeit der latenten Reizung ist bei den blassen Muskeln 4mal grösser als bei den rothen. Bei einer Geschwindigkeit der Unterbrechungen des electrischen Stromes, welche

Fig. 37.



Fig. 38.



Muskulöse Faserzelle aus der fibrösen Hülle der Milz des Hundes. 350mal vergr.

Muskulöse Faserzelle aus dem Dünndarm des Menschen. a stäbchenförmiger Kern. Starke Vergrösserung.

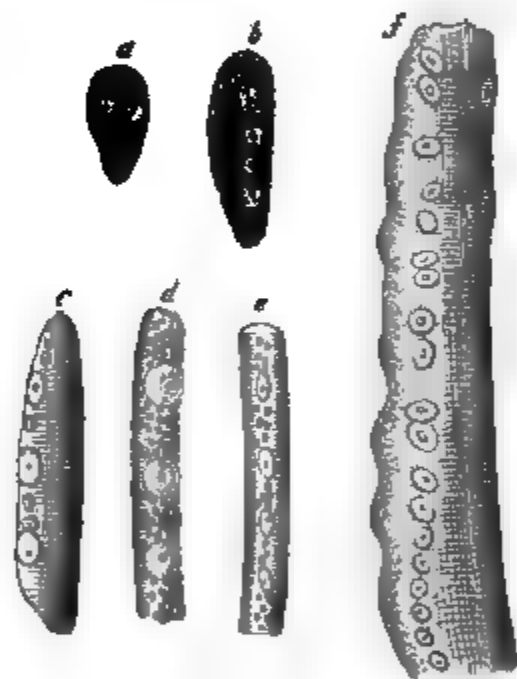


den rothen Muskel zu constantem Tetanus reizt [53—257 Unterbrechungen in der Minute der blasse Muskel Einzelzuckungen, je einem einzelnen der einwirkenden electricen entsprechend.) Der Grund des verschiedenen physiologischen Verhaltens dieser beiderlei Arten ist höchst wahrscheinlich ein chemischer, begründet in der verschiedenen Energie mehr (rother) oder weniger (blasser) thätiger Muskeln, welcher sich bei zahmen Thieren geltend macht (E. MEYER) (cf. Mechanik und Chemie der Muskeln).

**Sehne.** Das Sarkolemma geht direkt in die Sehne über (LEYDIG, G. R. WAGNER). Die Sehne steht mit dem Protoplasma und dem Sarkolemma des Muskels in engster Verbindung. Das zur Sehne gewordene Sarkolemma ist in der Jugend strukturlos und dünn, später dicker wird, treten von den Muskelfibrillen ausgehende, fibrillenartige Streifen auf, welche endlich isolirbar werden.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Muskulatur entsteht aus dem mittleren Keimblatte. Die glatten Muskelfasern entstehen durch Umwandlung kugelförmiger Bildungszellen mit kugeligem Kern. Auch die quergestreifte Muskelfaser entsteht aus einer kugelförmigen Bildungszelle. Anderes, als eine zu grosser Länge ausgewachsene Spindelzelle, die sich ebenfalls aus einer kugelförmigen Bildungszelle entwickelt hat. Die Entwicklung derselben ist bei dem Frosch und den übrigen Wirbelthieren analog. Die Bildungszellen des Froschembryos sind kugelförmig mit körnchenreichem Protoplasma wachsen mit Kernen, die sich mehrfach wiederholt. Die Kerne lagern sich in der Längenrichtung der spindelförmig ausgewachsenen Zelle unter einander. An Stelle des zuerst körnchenreichen Protoplasmas tritt in der Folge die normale Querstreifung auf (FAHY) (Fig. 29).

Fig. 29.



Entwicklungsstufen der Bildungszellen des quergestreiften Muskelfadens vom Frosch nach REMAK.

körnchenreichen Protoplasma wachsen mit Kernen, die sich mehrfach wiederholt. Die Kerne lagern sich in der Längenrichtung der spindelförmig ausgewachsenen Zelle unter einander. An Stelle des zuerst körnchenreichen Protoplasmas tritt in der Folge die normale Querstreifung auf (FAHY) (Fig. 29).

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Bei den Fischen bilden glatte Muskelfasern vorwiegend die Muskulatur der Muskelhäute der Hohl- und Röhrengebilde des thierischen Körpers: des Darms, der Harnorgane, der Blutgefässe, der Respirations- und Geschlechtsorgane. Im Auge sind die Fasern der Pupillarmuskeln glatt. Im Innern vieler Organe kommen mehr oder weniger glatte Fasern vor: in der Milz, in den Zotten, an den Haarbälgen der Haut, an den Schweißdrüsen und Ohrschmalzdrüsen. Die Tunica dartos des Penis, Warzenhof und Brustwarze verdanken ihre Contractilität diesen Muskelzellen.

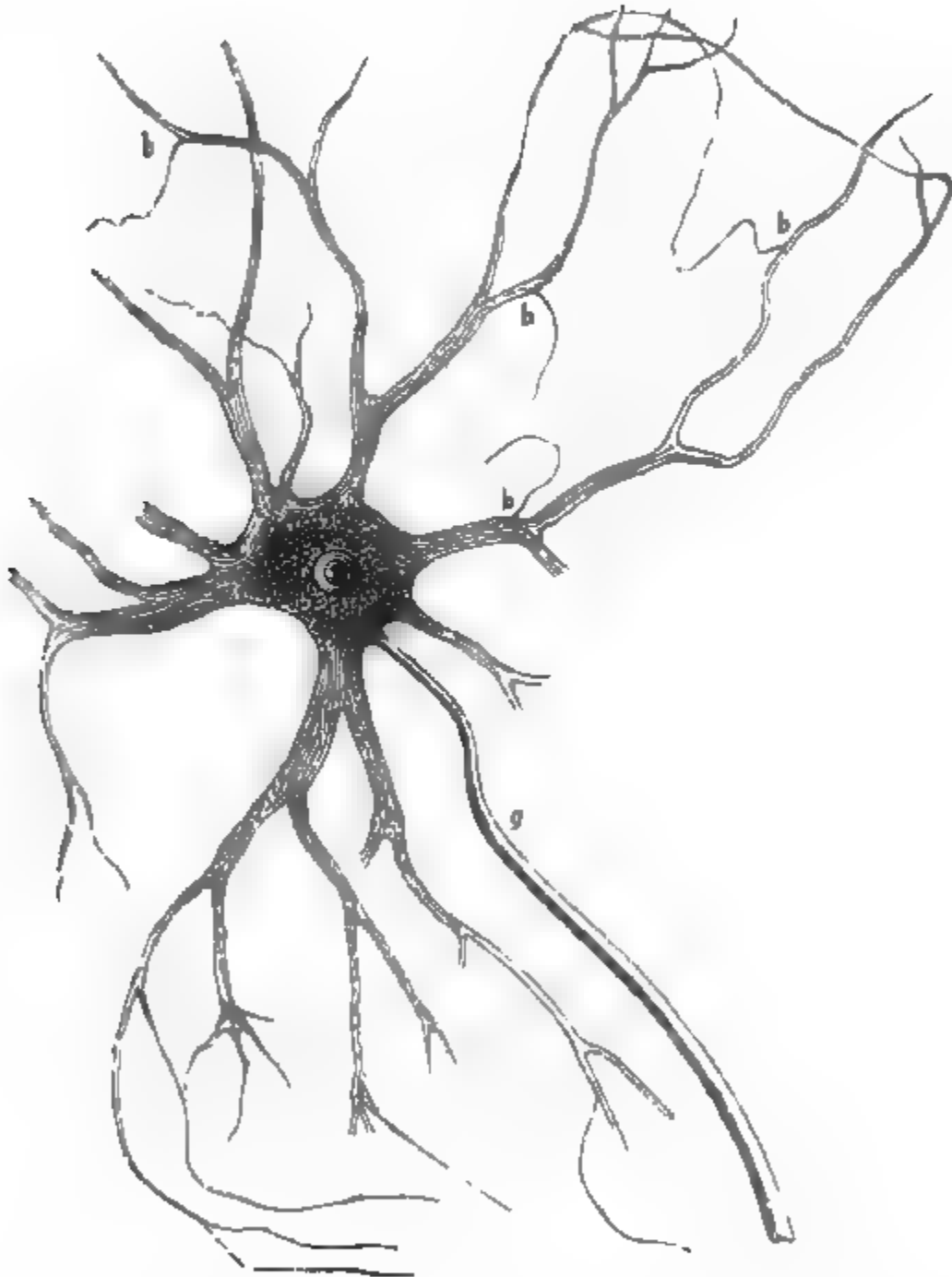
Bei den Säugethieren vereinigen sich glatte Muskelfasern an einigen Stellen zu grossen Muskelbündeln, z. B. der Mastdarmruthenmuskeln. Die glatten Muskeln stehen häufig mit Sehnen aus elastischem Gewebe in Verbindung, wie das KOLLIKER an den Trachealmuskeln und Hautfedermuskeln der Vögel aufgefunden wurde. Beim Menschen kommen derartige Sehnen an glatten Muskeln vor. Die Herzen der Amphibien und Fische haben glatte Muskulatur, während die Lymphherzen z. B. der Fische quergestreifte Fasern zeigen. Bei den Wirbellosen (Scheibenquallen, Cephalopoden, etc.) finden sich die einkernigen Muskelzellen ziemlich verbreitet und bilden, wo sie vorkommen, auch die willkürliche Muskulatur. Oft zeigen neben specifischen Eigenthümlichkeiten Uebergänge zu den quergestreiften Fasern.

Die quergestreifte Muskulatur ist bei den Wirbelthieren nicht ganz gleich. Es finden sich solche im Magen von *Cobitis fossilis*, im Darm von *Chrysis*, in den Hautmuskeln vieler Wirbelthiere, an den Spürhaaren der Seitenlinie der unteren Hohlvene von *Phoca*, an den pulsirenden Venen der Flughaut der Vögel, im Auge der Vögel und beschuppten Amphibien. Die Herzen der Gliederthiere stehen aus quergestreiften Elementen (LEYDIG).

## Nervengewebe.

Die normalen Antriebe zur Bewegung des Muskelsystems, zur Absonderung der Drüsen, die Vorgänge der Empfindung, sowie die sogenannten Seelenthätigkeiten haben ihre materielle Grundlage im Gehirn und Rückenmark und in den zu diesen centralen Nervengebilden gehörenden peripherischen Nerven nebst ihren physiologischen Endapparaten. Die Hervorbringung dieser höchsten animalen Thätigkeiten basirt auf den Nerven- oder Ganglienzellen. Diese haben meist ein blasses, farbloses Ansehen (Fig. 40). Manchen scheint eine

Fig. 40.



Centrale Nervenzelle (nach DARRING).

eigentliche Zellmembran zu fehlen. In ihr Protoplasma sind zahlreiche Körnchen eingestreut, die in manchen Fällen eine gelbliche oder bräunliche Färbung zeigen, so in dem gelben Flecke der Netzhaut des Auges. Der Kern ist deutlich, gross, rund mit einem oder mehreren Kernkörperchen. Die Grösse der Ganglienzellen ist sehr wechselnd, sie kann so bedeutend werden, dass sie sich mit

freiem Auge als weisse Punkte unterscheiden lassen, von 0,007—0,08. Das, was sie vorzüglich vor anderen Zellenformen auszeichnet, ist das Ueberwiegen langer Zellenfortsätze über die Zelle selbst. Von verschiedenen Seiten und in verschiedener Anzahl gehen solche Fortsätze: z. Thl. von Fasern, von der Nervenzelle ab, erreichen z. Thl. die Länge eines und darüber, wobei sie, gleichsam selbständig geworden, in grosser Anzahl Bindegewebe zu einem Nervenstamme vereinigt aus den centralen Nervenmassen, dem Gehirn und Rückenmark hervortreten. Jeder der vielen Individuen, welche sich zu einem Nerven vereinigt finden, steht mit einer Nervenzelle anatomischer und functioneller Verbindung.

Gehirn und Rückenmark bestehen aus einer Zusammenhäufung von Nervenzellen und Nervenfasern, eingebettet und zusammengehalten durch ein eigenthümliches Gebilde aus der Gewebsgruppe der Binde-Substanz. Die

Mittelung des Bewegungsantriebs der Empfindung zwischen Gehirn und Rückenmark geschieht durch Verbindungsfasern der Nervenzellen untereinander, welche aus den einzelnen Zellen eine feingegliederte Kette der Nervenbahnen in dem Centrum der Seelenthätigkeit herstellen.

Verschiedene Ganglienzellen besitzen eine verschiedene Anzahl Ausläufer, und man bezeichnet Zellen nach der Zahl ihrer Ausläufer als unipolare, bipolare oder multipolare Zellen; auch die Form der Zellen schwankt, sie können rund, birnförmig, spindel- und sternförmig sein.

Ein Theil der Ausläufer der centralen Nervenzellen verästelt sich und löst sich schliesslich zu ganz feinen Fasern auf, Protoplasmafortsätze. Andere, z. B. bei vielen Nerven des Gehirns ein Ausläufer von der Zelle, zeigen nach kurzem Verlaufe den typischen Bau der peripherischen Nervenfasern: Axencylinderform (DEITERS). Die peripherischen Nervenfasern besitzen eine doppelrandige Membran, welche einen, wie es scheint, zähflüssigen Inhalt einschliesst, den sogenannten dunkelrandigen Inhalt. Fasern eine Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Substanzen

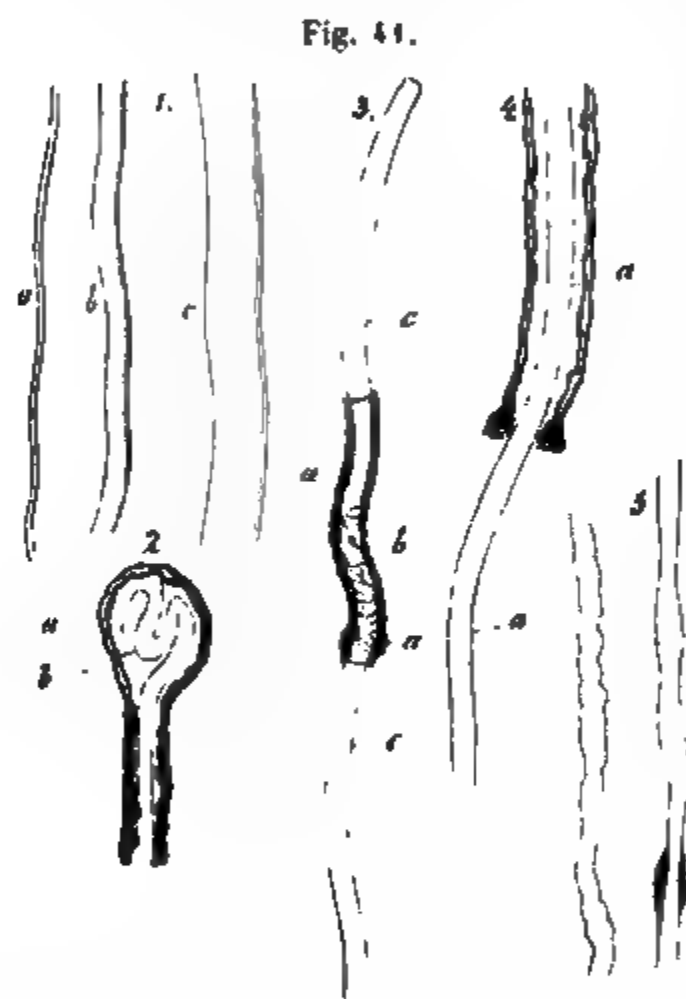


Fig. 41. Nervenfasern bei 350maliger Vergrösserung. 1. Vom Hunde und Kaninchen im natürlichen Zustande, a feine, b mitteldicke, c grobe Faser aus peripherischen Nerven. 2. Vom Frosche mit Serumzusatz, a durch Druck herausgepresster Tropfen, b Axencylinder in demselben in die Röhre sich fortsetzend. 3. Vom Rückenmark des Menschen frisch mit Serum. a Hülle, b Markschale doppelrandig, c Axencylinder. 4. Doppelrandige Faser des Ventriculus IV des Menschen; der Axencylinder a hervorstehend und in der Faser sichtbar. 5. Zwei isolirte Axencylinder aus dem Marke, der eine mit wellenförmigen Begrenzungen, der andere mit leichten Anschwellungen und etwas anhängendem Marke.

In der Mitte der Faser liegt ein weniger glänzender Strang, der sogen. Axencylinder, umgeben von einer stark fettähnlich glänzenden Mass

**Markscheide.** Bei manchen Fasern zeigt sich diese Markscheide, welche beim Tode des Nerven eigenthümlich-zackig-bröckelige Formen annimmt, nicht. Diesen Fasern fehlt das glänzende Aussehen der markhaltigen und damit die unkele Contour, sie werden als blasse Nervenfasern beschrieben, ihr Inhalt scheint nur aus dem Axencylinder zu bestehen (Fig. 41). Sie kommen haupt sächlich in den Nervenendausbreitungen und im Sympathicus vor.

Auch ausserhalb des Gehirns und Rückenmarks in den sympathischen Ganglien finden sich Nervenzellen, Ganglienzellen, eingelagert, welche besonders den unwillkürlichen Bewegungen vorzustehen haben (cf. Sympathicus).

F. BOLL hält den Axencylinder für flüssig oder halbflüssig und innerhalb des Marks noch von einer Art von häutiger Hülle direkt umgeben. Einen fibrillären Bau des Axencylinders hält er für im Leben nicht präformirt. Nach FLEISCHEL soll die »Axencylinderflüssigkeit« in der lebenden Nervenfasern weit mehr als die Hälfte des Volums der ganzen Faser ausmachen. KÜHNLE und EWALD erklären die SCHWANN'sche Scheide der Nerven für ein Endothelialrohr, welches seine Zellenleiber den Nerven zuwendet. Die markhaltigen Nervenfasern sollen ausserdem in »Hornscheiden« eingeschlossen sein, welche das Mark umgeben und auch in diesem selbst ein Zwischengerüste von Hornsubstanz darstellen. In marklosen Fasern sollen diese Hornscheiden fehlen.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Gehirn und Rückenmark entstehen aus dem Mittelstreifen des obersten Keimblattes, welcher der Axenanlage des Embryo entspricht. Der Tractus olfactorius mit dem Riechkolben, der Sehnerv mit der primitiven Augenblase sind directe Produktion des centralen Nervensystems, eigentliche Gehirnorgane. Ueber die Entstehung der peripherischen Nervenfasern und ihren Zusammenhang mit den Nervenzellen sind die Untersuchungsakten noch nicht geschlossen. Nach der gewöhnlichen Annahme sollen die Ganglienzellen aus gewöhnlichen Bildungszellen entstehen, welche Fortsätze hervorwachsen lassen, mit denen sie mit benachbarten Zellen in Verbindung treten, und die z. Thl. in Nervenfasern sich gestalten. Die neueren Beobachtungen scheinen wenigstens für den Axencylinder die Annahme zu rechtfertigen, dass er direct aus der Ganglienzelle hervor- und in die Gewebe, die er versorgen soll, hineinwuchert. Seitdem man die bedeutende Länge der quergestreiften Muskelfasern, die einer Zelle entsprechen, kennt, kann aus der Länge der Nervenfasern kein Einwurf gegen ihre Gehörigkeit zu einer Zelle mehr erhoben werden. In analoger Weise, wie man sich nach SCHWANN früher die Entstehung der Muskelfasern aus einer Reihe unter einander verschmelzender Zellen entstanden dachte, so dachte man sich auch die Nervenfasern aus verschmolzenen Spindelzellen hervorgehen, mit denen sich die Ausläufer der Nervenzellen nachträglich erst in Verbindung setzen sollten. Für die Bildung der kerntragenden äusseren Nerven hülle hält KÖLLIKER vorläufig noch an dieser Ansicht fest, die für den nervösen Theil der Faser für unhaltbar erklärt wird. Die motorischen Kopfnerven, sowie die motorischen Wurzeln der Rückenmarksnerven scheinen (nach K.) direct aus dem Rückenmark und der Medulla oblongata hervorzuwuchern und entwickeln sich dann centrifugal weiter unter Mitbetheiligung von Elementartheilen des mittleren Keimblattes. Die Ganglien der Cerebrospinalnerven sowie des Sympathicus entwickeln sich selbständig aus dem mittleren Keimblatt und setzen sich erst in der Folge mit einander und mit dem Rückenmark in Verbindung. Die embryonalen Nervenfasern sind sehr viel dünner als die fertig gebildeten, sie erscheinen blass wie die marklosen Fasern.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Die Ganglienzellen der Wirbelthiere und des Menschen wechseln je nach ihren Standorten sehr bedeutend in der Grösse. Dasselbe ist bei den Wirbellosen der Fall. Muscheln, Insecten, Spinnen haben im Allgemeinen kleine und zarte Ganglienzellen; bei dem Flusskrebs, den Blutegeln und Schnecken beobachtet man sehr grosse; sie können eine solche Ausdehnung erlangen, dass man sie mit freiem Auge bequem sehen

kann. Mit Ausnahme von Petromyzon und den Leptocephaliden haben neben den blassen Fasern alle Wirbelthiere auch dunkelrandige, markhaltige, die den Wirbellosen ganz fehlenden Nerven Aehnlichkeit mit embryonalen Nerven besitzen, oder mit den Fasern des Olfactorius, die immer blass (grau) sind. Bei den Arthropoden kommen kolossale Nervenfasern vor, mit einem centralen Faserbündel, beim Krebs fand LEYDIG zu diesen allmähliche Uebergänge mit grauen Fasern.

### Die Entstehung der Organe.

Die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle führen, wie wir gesehen haben, zur Bildung der drei Keimblätter, der blattartig über einander geschichteten, anatomisch-physiologischen Anlagen der functionell verschiedenen Gewebe. Wir haben noch einen Blick zu werfen auf die Vorgänge, durch welche sich aus den blattartigen Anlagen die Körpergestalt des Menschen, seine Organe und Organgruppierungen herausbilden.

Im Allgemeinen bildet sich die flache Embryonalanlage zu einem (mehrfachen) Doppelrohren um, indem zuerst in der Mittellinie der äusseren Fläche der Embryonalanlage eine Furche entsteht, deren Ränder sich erheben, einander zuneigen und schliesslich zu einem Rohre, dem Medullarrohr, verwachsen, welches die Anlage des Gehirns und Rückenmarks des Embryo darstellt. Ihr inneres Lumen wird zum Rückenmarkscanal mit den Hirnhöhlen. An diese obere animale Röhre schliesst sich die Bildung der unteren vegetativen Röhre (Leibeshöhle mit Brust und Bauch) an, deren inneres Lumen das Lumen des (geradegestreckt zu denkenden) Darmrohrs darstellt, an das sich als Ausbuchtungen die meisten Drüsen anschliessen. Die Anlage der vegetativen Röhre bildet sich an der unteren Fläche der Embryonalanlage, indem die Seitenplatten des obersten Keimblattes mit den anliegenden beiden anderen Keimblättern nach unten sich wölben, von allen Seiten gegen einander wachsen und schliesslich so verschmelzen, dass nur noch der Nabel als einzige Lücke offen bleibt. Die bleibenden Leibesöffnungen am oberen und unteren Körperende entstehen erst durch spätere Bildungsvorgänge, die zu Durchbrüchen führen.

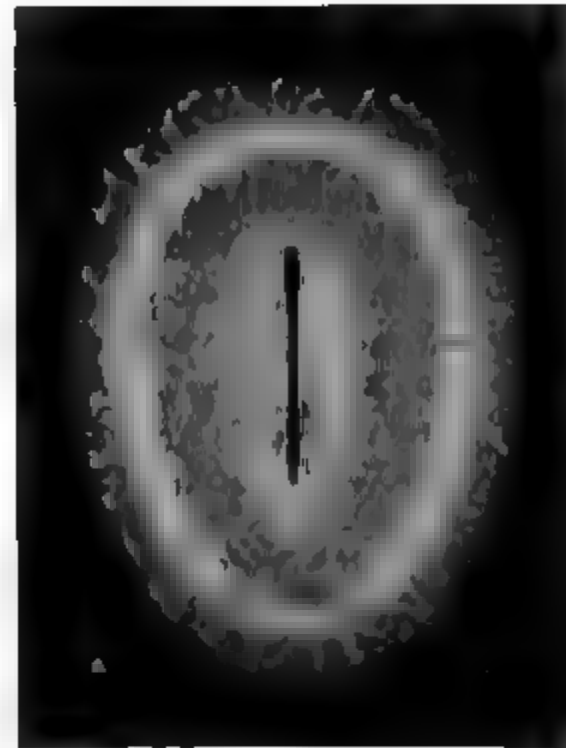
Der Embryo schnürt sich durch die Bildung seines vegetativen Leibesrohrs unter fortschreitendem Wachsthum zunächst am Kopfende, dann auch seitlich und hinten von dem peripherischen Theil der Keimhaut ab. Nachdem sich zunächst durch vorwiegende Entwicklung das vordere Leibesende zum Kopf gestaltet und eine Spaltung der Seitenplatten in Leibeswand und Darmwand eintritt, wodurch die grossen vorderen Leibeshöhlen angelegt werden, ist der Leib des Embryo in der ersten Anlage fertig. Durch die Entstehung des Herzens und der ersten Blutgefässe im mittleren Keimblatte und durch den Beginn der Circulation des neu entstandenen, embryonalen Blutes gibt sich der Embryo nun schon als ein geschlossener, höherer Organismus zu erkennen.

BAER bezeichnete diese aus den Keimblättern sich bildenden Hauptröhren als Fundamentalarorgane. Aus dem oberen Keimblatt entwickelt sich: die Hautröhre und die Röhre des Centralnervensystems; aus dem Mittelblatt, welches bald seitlich in zwei Blätter sich spaltet, entsteht einerseits die Doppelröhre des Knochen- und Muskelsystems, andererseits das umhüllende Röhrengebilde für die aus dem unteren Blatte sich bildende Röhre des Darmepithels. Auch der fertige Wirbelthier-Organismus zeigt, wenn wir von den Extremitäten absehen

leichen typischen Bau aus den zusammengefügtten Röhren, aus denen der Embryo sich construiert.

Die Entwicklung des Fruchthofes zur Embryonalanlage schreitet bei dem Säugethiere (Kanine) in folgender Weise vor. Die Keimblase erreicht einen Durchmesser von über 0,1 mm, gleichzeitig wächst durch Vergrößerung der mittleren Keimschicht der Fruchthof, so zeigt sich nun als erste Andeutung der Anlage des Embryo ein Gegensatz zwischen helleren Mitte: Area pellucida, dem hellen Fruchthof, und einem dunkleren Randum: der Area opaca, dem dunklen Fruchthof. Nun nimmt der runde Fruchthof ab und bekommt eine länglich runde Gestalt an, dann wird er ovalförmig. In diesem Stadium erscheint die Embryonalanlage als ein längliches, ovalförmiges Schildchen, Axenplatte (REMARK), in der Mitte des Fruchthofes, in dessen Mitte verläuft eine schmale, die Enden des Schildchens nicht erreichende Furche, die Primitivrinne, erscheint. Die Embryonalanlage wird nun umgeben von einer schwach leierförmig, umgeben mit einem hellen Hofe, der Fruchthof nimmt wieder seine runde Gestalt an (Fig. 42).

Fig. 42.

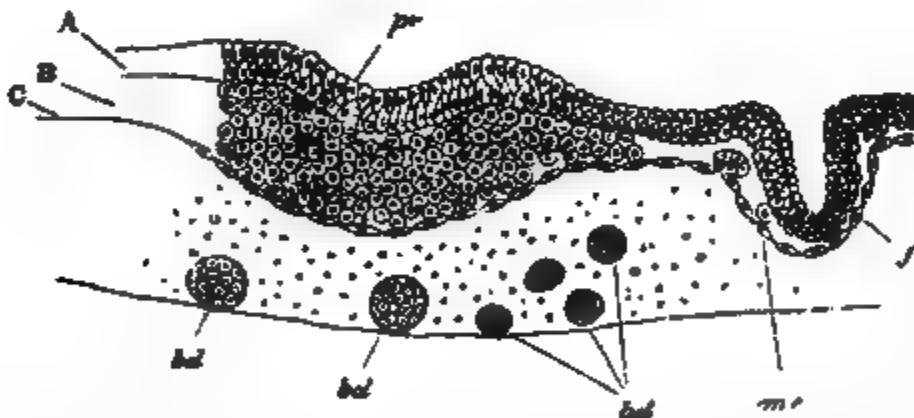


Fruchthof der Keimblase eines Kaninchens, etwa 10mal vergr. Der weisse Rand ist die Area opaca, die dunklere breitere Zone die Area pellucida. In dieser zeigt sich die Embryonalanlage mit der Primitivrinne.

Nach BRONN.

Die älteren Autoren haben mit der Primitivrinne, welche nach den neueren Untersuchungen als eine ziemlich rasch vergängliche Bildung erscheint und nicht

Fig. 43.



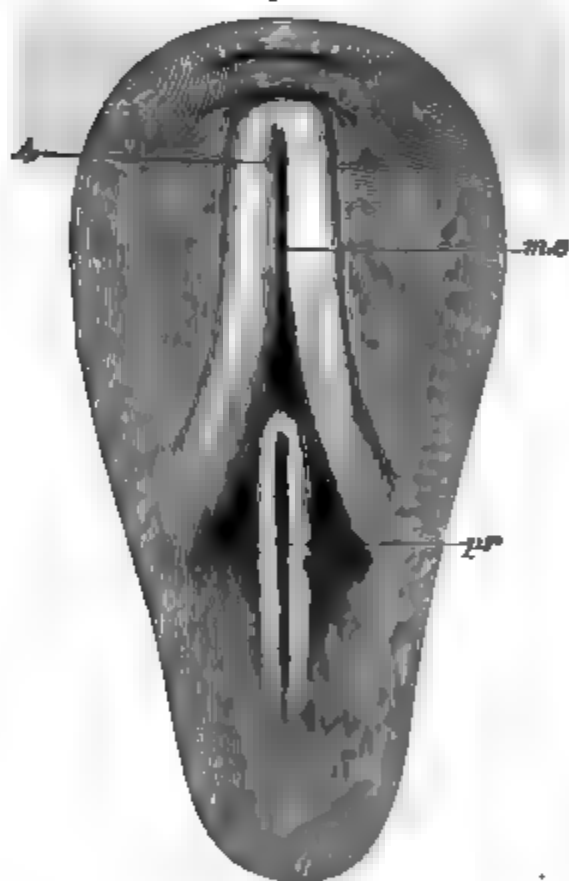
ist durch eine Keimhaut, rechtwinklig zur Längsaxe des Embryo, nach beständiger Bebrütung. (Aus der Mitte zwischen Vorder- und Hinterende). A Hautsinnesblatt, B Mittelblatt, C Darmdrüsenblatt, pr Primitivstreif, in der Keimhaut, wahrscheinlich durch die Einwirkung der Chromsäure entstanden; mc Zellen des Mittelblatts; die Bezeichnungslinie soll in einer der peripherischen Zellen zwischen Hautsinnes- und Darmdrüsenblatt liegen; bd Bildungszellen. Die bemerkenswerthesten Theile des Schnittes sind: 1. Die Verdickung des Mittelblatts unter der Primitivrinne, während es seitwärts derselben kaum vorhanden ist. 2. Das Darmdrüsenblatt ist als eine einfache Lage spindelförmiger Zellen entstanden. 3. Die sog. Furchungshöhle, mit geronnenem Eiweiß angefüllt. Die Trennungslinie zwischen Hautsinnes- und Mittelblatt ist etwas zu stark angegeben.

dem bleibenden Organe wird, die Bildung der Rückenfurche oder Primitivrinne in nähere Beziehung gebracht, die letztere fälschlich als eine Art Fortentwicklung der ersteren betrachtet. In der Umgebung der Primitivrinne



(Primitivstreif) zeigen sich das Hautsinnesblatt und namentlich das Mittelblatt verdickt, sie erheben sich hier leichtgewölbt über das allgemeine Niveau und dringen auch nach unten tiefer in die Dottermasse ein. Die Primitivrinne erscheint als Einsenkung des Hautsinnesblattes auf der Höhe der äusseren Erhebung der Embryonalanlage, jedoch nimmt auch das Mittelblatt an dieser Einsenkung Theil (Fig. 43). Das Darmdrüsenblatt zeigt sich histiologisch unverändert. Direkt unter der Rinne zeigen jetzt oberes und Mittelblatt eine Art von unvollkommener Verschmelzung, His' Axenstrang. Die Entstehung der Hirnrückenmarksröhre wird (beim Hühnchen, FOSTER und BALFOUR) zuerst durch einen dunklen Streifen an dem Vorderende der Primitivrinne angedeutet, der mit einer nach vorne convexen halbkreisförmigen Falte: der Kopffalte, abschliesst. Durch Erhebung der seitlichen Ränder dieses Streifens entsteht eine nach vorne durch die Kopffalte geschlossene, nach hinten sich etwas erweiternde Rinne, welche zwischen ihre nach hinten divergirenden Schenkel die Primitivrinne aufnimmt. Die seitlichen Erhebungen dieser zweitgebildeten Rinne sind die Rückenwülste, laminae dorsales, die Rinne selbst die Rückenfurche oder Markrinne, welche durch Zusammenneigen ihrer Ränder sich bald zur Hirnrückenmarksröhre schliesst, während die Primitivrinne sich allmählig zurückbildet und verschwindet. Schon in dieser Periode tritt vor der Kopffalte noch eine zweite kleine Falte auf, die erste Andeutung der Amnionfalte, welche den Embryo schliesslich ganz umwächst (Fig. 43a). Unter der Rückenfurche entsteht durch Differenzirungsvorgänge im Mittelblatt zwischen Hautsinnes- und Darmdrüsenblatt ein etwas abgeflachter, stabförmiger Strang: die Rückensaite oder Chorda dorsalis; seitlich von ihr zeigt sich das Mittelblatt jederseits verdickt. Die Chorda dorsalis wird später knorpelig und ist der Vorläufer der bleibenden Wirbelsäule. Ihr vorderes Ende spitzt sich zu, das hintere verdickt sich spindelförmig. Die seitlichen Theile des mittleren Keimblattes neben der Chorda dorsalis werden als Urwirbelplatten bezeichnet; der mittlere Theil des oberen Blattes, soweit dasselbe in die Rinne der Rückenfurche hineingezogen ist, als Medullarplatte, die Seitentheile der Embryonalanlage heissen von dem oberen Blatt: Hornblatt, vom mittleren: Seitenplatten. Doch ist eine scharfe Trennung in diesem Entwicklungsstadium noch nicht gegeben. Ein

Fig. 43a.



Flächenansicht des hellen Fruchthofs einer Keimbaut von 18 Stunden. Der dunkle Fruchthof ist weggelassen; der birnförmige Umriss bezeichnet die Grenzen des hellen Fruchthofs. Am hintern Ende sieht man die Primitivrinne mit parallelen, gerade nach hinten verlaufenden Rändern, die vorn sich gegen einander umbiegen und sich vereinigen, wodurch die Furche in der Mitte des Fruchthofs deutlich endigt. Ueber dieser Primitivrinne liegt die Rückenfurche mit den Rückenwülsten A. Diese gehen hinten auseinander und krümmen sich auf beiden Seiten der Primitivrinne nach aussen, vorn verschmelzen sie dagegen dicht vor einer gebogenen Linie, welche die Kopffalte vorstellt. Die zweite vor der letzterwähnten liegende Falte ist die entstehende Amnionfalte.

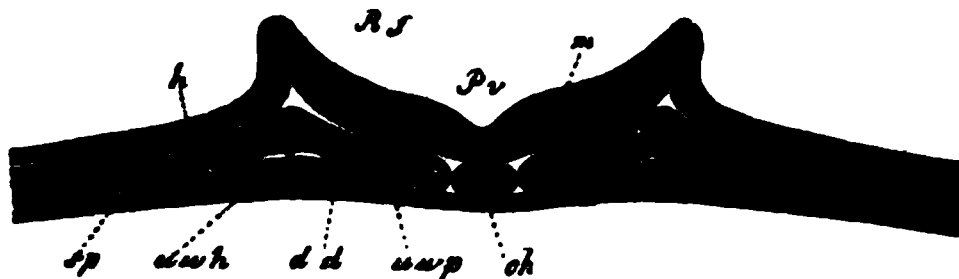
rinne aufnimmt. Die seitlichen Erhebungen dieser zweitgebildeten Rinne sind die Rückenwülste, laminae dorsales, die Rinne selbst die Rückenfurche oder Markrinne, welche durch Zusammenneigen ihrer Ränder sich bald zur Hirnrückenmarksröhre schliesst, während die Primitivrinne sich allmählig zurückbildet und verschwindet. Schon in dieser Periode tritt vor der Kopffalte noch eine zweite kleine Falte auf, die erste Andeutung der Amnionfalte, welche den Embryo schliesslich ganz umwächst (Fig. 43a). Unter der Rückenfurche entsteht durch Differenzirungsvorgänge im Mittelblatt zwischen Hautsinnes- und Darmdrüsenblatt ein etwas abgeflachter, stabförmiger Strang: die Rückensaite oder Chorda dorsalis; seitlich von ihr zeigt sich das Mittelblatt jederseits verdickt. Die Chorda dorsalis wird später knorpelig und ist der Vorläufer der bleibenden Wirbelsäule. Ihr vorderes Ende spitzt sich zu, das hintere verdickt sich spindelförmig. Die seitlichen Theile des mittleren Keimblattes neben der Chorda dorsalis werden als Urwirbelplatten bezeichnet; der mittlere Theil des oberen Blattes, soweit dasselbe in die Rinne der Rückenfurche hineingezogen ist, als Medullarplatte, die Seitentheile der Embryonalanlage heissen von dem oberen Blatt: Hornblatt, vom mittleren: Seitenplatten. Doch ist eine scharfe Trennung in diesem Entwicklungsstadium noch nicht gegeben. Ein



Differenzierung im unteren Keimblatt (Darmdrüsenblatt) ist noch nicht erfolgt (Fig. 44).

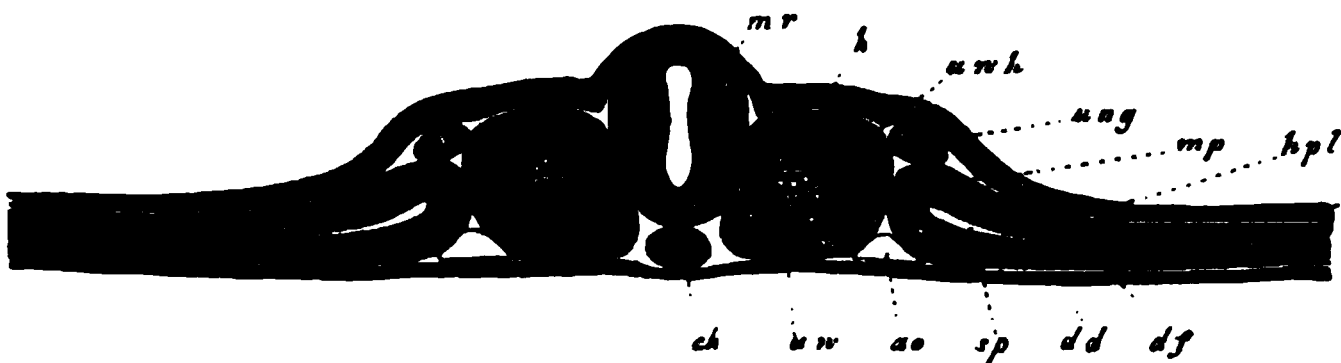
Indem die Ränder der Rückenfurche emporwachsen und sich gegen einander neigen, kommt es zu einer Berührung und endlich Verwachsung der in den Rückenwülsten erhobenen Ränder der Medullarplatte und der angrenzenden Theile des Hornblattes, so dass aus der mittleren Partie des sensoriellen Blattes (der Medullarplatte) ein geschlossener Canal hervorgeht, über welchen sich die Hornplatten, die seitlichen Theile des sensoriellen Blattes, von einer Seite zur andern herüberziehen. Auch die Urwirbelplatten wuchern gleichzeitig empor, es kommt aber noch nicht zu einer vollkommenen Umwachsung des neugebildeten Medullarrohres, über dessen halbe Höhe sie zunächst hinausreichen. Die Verwachsung des Medullarrohres beginnt in der künftigen Nackengegend und schreitet von hier nach vorn und hinten fort, am spätesten erfolgt der Verschluss am hinteren Ende (Figg. 44, 45).

Fig. 44.



Querschnitt durch die Anlage eines Hühnerembryo vom Ende des ersten Tages, 90–100mal vergr. *ch* Chorda; *sp* Urwirbelplatte mit einer Spalte *uw*, vielleicht der ersten Andeutung der spätern Höhle der Urwirbel; *sp* Seitenplatten mit den Urwirbelplatten hier noch verschmolzen, *dd* Darmdrüsenblatt, *h* Hornblatt, *m* Medullarplatte. Beide zusammen sind in eine starke Falte, die Medullarwülste oder Rückenwülste, erhoben, die die breite Rückenfurche *Rs* begrenzen, in deren Mitte noch die Primitivrinne *Pr* sichtbar ist.

Fig. 45.



Querschnitt durch einen Hühnerembryo vom zweiten Tage, 90–100mal vergr. *dd* Darmdrüsenblatt, *ch* Chorda, *uw* Urwirbel, *uw* Urwirbelhöhle, *ao* primitive Aorta, *ung* Urnierengang, *sp* Spalte in den Seitenplatten (erste Andeutung der Pleuroperitonealhöhle), die durch dieselbe in die Hauptplatten *hpl* und Darmfaserplatten *df* zerfallen, die durch die Mittelplatten *mp* unter einander zusammenhängen, *mr* Medullarrohr (Rückenmark), *h* Hornblatt, stellenweise verdickt.

Am vorderen Ende der sich zum Medullarrohre vereinigenden Rückenfurche bilden sich blasige Auftreibungen: Hirnblasen, die Anlage der Hauptabschnitte des Gehirns, und nahe am hinteren Ende eine Erweiterung: der Sinus rhomboidalis. Nach der Anlegung der Rückenfurche entstehen etwa ihrer Mitte entsprechend im Mittelblatte neben der Chorda dorsalis durch Ausbildung schmaler Spalträume in den Urwirbelplatten die etwa würfelförmigen Urwirbel. Sie zeigen sich von oben gesehen zunächst als 2 oder 3 Paare vierseitiger, dunkler, durch helle, schmale Zwischenräume von einander getrennte Flecken, die sich bald, indem neue Paare meist hinter, einige (2–3 Paar) aber auch vor den ersten entstehen, vermehren. Sie sind die Anlagen und Vor-

läufer der Wirbelsäule und ihrer Muskeln und der Nervenwurzeln. Die ersten Urwirbel entsprechen dem dritten oder vierten Halswirbel. Daraus ergibt sich, dass die Hälfte der Embryonalanlage auf den Kopf, etwas über ein Viertel auf die vordere Halsgegend und das letzte Viertel auf die gesamten unteren Körperabschnitte trifft (Figg. 45 und 46).

Die Bildung der vegetativen Röhre, des Bauches im weitesten Sinne des Wortes, geschieht in der Weise, dass die Seitenplatten nicht nur von

Fig. 46.



Embryonalanlage eines Hundes, etwa 10mal vergr. Nach Bischoff. a Rückenfurche, hier mit 3 Erweiterungen und 2 Einschnürungen, Andeutungen der aus diesem Theile der Medullarplatte sich entwickelnden 3 Hirnblasen, a' Erweiterung der Rückenfurche in der Lendengegend (Sinus rhomboidalis), b Medullarplatte, c Seitenplatten, d äußeres und mittleres Blatt der Keimblase, f inneres Blatt derselben. In der Mitte sind sechs Urwirbel sichtbar, und in der Mitte der Rückenfurche sieht man die durchwachsende Chorda dorsalis.

rechts nach links sich zusammenneigen, sondern vielmehr auch zunächst von vorn nach hinten und von hinten nach vorn zu wuchern beginnen und also von allen Seiten nach unten concentrisch vorrücken, um sich endlich nicht in einer gemeinsamen Längsnarbe wie die Rückenfurche, sondern in einer kleinen Kreisfläche, dem Nabel, zu vereinigen. Dadurch schnürt sich der nach unten rinnenförmig werdende Embryo von der Eiblaste mehr und mehr ab. Die Abschnürung (Kopffalte) beginnt zuerst am Kopfende, indem die Seitenplatten, hier mit den Urwirbelplatten zu den Kopfplatten verschmolzen, von vorn und von den Seiten her mit ihren Rändern nach unten gegen den Dotter zu sich gegen einander krümmen. Dadurch hebt sich das Kopfende der Embryonalanlage von den Fruchthöfen ab und bildet sich auf der Unterfläche der Embryonalanlage eine kleine, nach vorn geschlossene Höhle: Kopfdarmhöhle (Fovea cardiaca, Wolff). In analoger Weise (zunächst durch Entwicklung einer der Kopffalte analogen Schwanzfalte) entsteht später am hinteren Ende der Embryonalanlage die Beckendarmhöhle, und nun beginnen sich auch die Ränder der Seitenplatten nach abwärts zu krümmen. Man pflegt jetzt die Gestalt der Embryonalanlage mit einem Schuh zu vergleichen (Fig. 47). Man denkt sich dabei als vorderes Blatt des Schuhs die Kopfdarmhöhle, der Fersentheil ist die seichtere Beckendarmhöhle, die Seitenwände des Schuhs werden durch die sich gegen einander krümmenden Rän-

der der Seitenplatten gebildet, die Ränder der schuhförmigen Anlage gehen in die Keimblase über. In diesem Stadium ist der Nabel noch sehr weit, er ist die weite Oeffnung der schuhförmigen Anlage, von ihm aus gelangt man nach vorn durch den vorderen Darmeingang in die Kopfdarmhöhle, nach hinten in die Beckendarmhöhle durch den hinteren Darmeingang.

Schon vor der Bildung der Urwirbel aus den Urwirbelplatten beginnen die von den Urwirbelplatten noch nicht getrennten Seitenplattenmassen sich durch einen horizontalen Schlitz in zwei über einander liegende Schichten zu spalten auf die Urwirbelplatten erstreckt sich diese Spaltung nicht (Fig. 44). Die obere durch die Spaltung entstandene Schicht: Hautfaserblatt, legt sich dicht an das Hautsinnesblatt an und bildet mit ihm die Körperseitenplatte, die

**Schicht:** das Darmfaserblatt, tritt zu dem Darmdrüsenblatt und mit ihm die Darmseitenplatte. Die dadurch entstehende, mit Flüssigkeit erfüllende Höhle ist die Anlage der grossen serösen Körperhöhle, später in mehrere Abschnitte zerfällt, man bezeichnet sie als **Pleuro-nealhöhle**.

dem vorderen Theile der Kopfdarmhöhle: der Höhle bleiben die Seitenplatten (Schlundplatten) ungespalten. Der hintere Theil der Kopfhöhle zeigt dagegen die besprochene Spaltungswelche hier von den älteren Autoren als **Herz** benannt wurde, da hier die ersten Anlagen des Herzens (cf. dieses), von der Darmfaserplatte abtrennend, auftreten.

Fig. 45 stellt die weiteren Stadien des Spaltungs der Seitenplatten in Hautfaserplatte und Darmfaserplatte dar, dessen Anfänge Fig. 44 schon lässt. Die Urwirbelplatten (resp. Urwirbel) sind von den gespaltenen Seitenplatten getrennt. Lassen verschmelzen beide Spaltungsplatten in getheilte mittlere Keimblatt des Fruchthofes, wenn verbinden sie sich bogenförmig und erhält die Bezeichnung **Mittelplatte**, wo sie an den Urwirbel, an die beiden primitiven Aorten und die Urnierengänge angrenzen. Die Spaltungslücke bildet ein spaltförmiger Canal durch den ganzen vorderen Theil des Embryo und vereinigt sich am hinteren Ende desselben mit der der anderen Seite und vorn bildet die oben beschriebene **Herzhöhle**, so dass die embryonale Anlage nur oben und in der Mittellinie (schon später das Mesenterium zeigt) diese Spaltung nicht besitzt. Der Darm tritt zunächst als eine rinnenförmige Eintiefung des Darmdrüsenblattes unterhalb der Chorda dorsalis: **Darmrinne**.

Der Spaltungsprocess der Hautplatten schreitet eine Strecke weit über den vorderen Theil des Embryo hinaus in den Fruchthof und den peripherischen Theil der Haut vor. Die dem Embryo zunächst anliegenden Theile der Hautplatten verschmelzen sich, mit dem Hornblatt überzogen, gegen die Mittellinie zur Bildung der Darmwand gegen einander, die peripherischen Theile dieser beiden Blätter erheben sich dagegen über den Embryo als **Amnionfalte**, um ihn endlich als Amnion ganz zu umschliessen. Indem die Mittelplatten nach innen wachsen und zu einer unpaaren Masse verschmelzen, aus der auch das Gekröse entsteht, wird durch das Dazwischenschieben der aus den Mittelplatten entstehenden Gebilde das Darmdrüsenblatt, resp. die Darmrinne, von der Chorda dorsalis mehr und mehr abgeschoben. Die Verhältnisse, welche dadurch entstehen sind, demonstriert die umstehende Zeichnung nach REMAK (Fig. 48). Die Bauchhöhle ist durch die Hautplatten *hp* (*bh*) fast geschlossen, die sich nach hinten zur Amnionfalte erheben. Innerhalb der Bauchhöhle ist der stark rinnenförmige Darmcanal, dessen Darmfaserplatte *df* und Drüsenplatte *d* in die

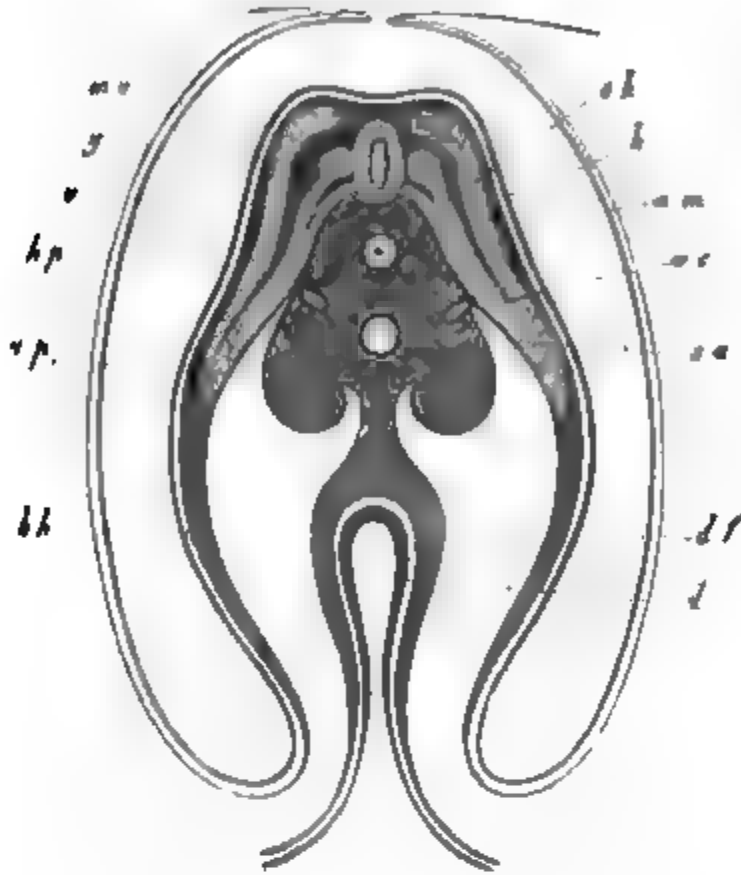
Fig. 47.



Derselbe Embryo, den Fig. 46 darstellt, von der Seite, a abgetrennte äussere Lamellen der Keimblase. Das Offenstehen der Rückenfurche und die Abschnürung des Kopfes sind deutlich.

betreffenden Häute der peripherischen Keimschicht des Dottersacks und der Nabelblase übergeben. Befestigt wird der Darm durch ein Gekröse, welches

Fig. 48.



Querdurchschnitt durch den Rumpf eines 3-tägigen Embryo in der Nabelgegend. Nach RUMPEL. *sa* Scheide der Chorda, *h* Hornblatt, am Anus, fast geschlossen, *sa* sekundäre Aorta, *vc* Venae cardinales, *mw* Muskelplatte, *g* Spinalganglion, *v* vordere Nervenwurzel, *ap* Hauptplatte, *wp* Fortsetzung der Urwirbel in die Bauchwand (Urwirbelplatte, RUMPEL), *hh* primitive Bauchwand aus der Hautplatte und dem Hornblatt bestehend, *d* Darmfaserplatte, *d* Darmdrüsenblatt, beide hier, wo der Darm im Verschlusse begriffen ist, verdickt. Die Masse um die Chorda ist der in Bildung begriffene Wirbelkörper, die vor den Gefässen enthält in den seitlichen Wülsten die Urnieren und setzt sich in der Mitte ins Gekröse fort.

indem sich eine dünne Lamelle zwischen Rückenmark und Hornblatt einschleibt und sich mit derjenigen der entgegengesetzten Seite verschmilzt häutige Wirbelbogen oder Vereinigungshaut. Die Umwucherung der Chorda umschliesst zunächst die untere Seite, später wächst ein dünnes Blatt zwischen Rückenmark und Chorda hinein. So entsteht eine vollkommen zusammenhängende häutige Wirbelsäule mit einer Doppelwand, von der die obere das Rückenmark, die untere die Chorda umschliesst. In dieser Wirbelsäule treten sofort neue Gliederungen auf, indem in den Abschnitten, welche den früheren Urwirbel entsprechen, neue Trennungslinien auftreten, welche die Grenzen der bleibenden Wirbelkörper bezeichnen. Jeder Urwirbel zerfällt dadurch durch den Intervertebralknorpel in zwei Hälften, je zwei an einander grenzende Hälften vereinigen sich zu einem bleibenden Wirbelkörper. Bald nach der Schliessung der Bogen über dem Rückenmark entwickelt sich in denselben die Anlage der Knorpelbögen vorderen und hinteren Nervenwurzeln samt den Spinalganglien.

Auch zur Ausbildung der Bauchwand tragen die Urwirbel auf das Wesentliche bei. Die ursprüngliche Bauchwand besteht aus dem Hornblatt und der äusseren Spaltung

einer vor der Chorda und der der Wirbelsäule gelegenen Mittellinie (vorgewucherten Mittelplatte Gekrösplatten) ausgeht und die unpaare Aorta *sa* und die Cardinales *vc* einschliesst.

Auf diese Weise kommt es endlich zur vollkommenen Abschließung des Embryo von dem Rest der Keimblase, der dann den Nabelblase (bei Eiern mit Eizellungsdotter: Dottersack) erinnert, immer enger werdende, sich ringförmig ausziehende Communication der Bauchhöhle des Embryo (Darmtrakt) mit der Nabelhöhle (Nabeltrakt) heisst Nabelgang: Ductus omphaloentericus, die ringförmige Abgrenzungsfalte Nabel.

Die wesentlichsten Differenzen im Innern der Embryonalanlage führen zu der mittleren Blatte zu. Die Urwirbel, welche anfänglich als solide Zellmassen auftreten, zeigen bald einen Spaltungsvorgang, wie die Seitenwände es entsteht eine sich später weiter ausfüllende Höhle, deren obere Wand einen besonderen Gebilde, der Muskelplatte, während der untere Theil als der eigentliche Urwirbel fortbesteht. Folge umwachsen die eigentlichen Wirbel die Chorda und das Rückenmark, indem

der Seitenplatten, von denen die innere zur Darmfaserschicht, zum Gekröse etc. sich umgebildet hat. Der äusseren Spaltungslamelle der Seitenplatten gibt man den Namen: Hautplatten. Sie verwachsen mit den Urwirbeln, und nun beginnen die Muskelplatten, die Spinalnerven und die Wirbelbogen (Rippenanlage etc.) (Bestandtheile, in welche sich der Urwirbel nach der obigen Darstellung differenzirte), die zusammen als Bauchplatten benannt werden, in die Hautplatten hineinzuwuchern, wodurch die Hautplatten in eine dickere äussere (Cutis) und in eine dünnere innere Lamelle (Auskleidung der Pleuroperitonealhöhle) gespalten werden (cf. Abbildung Nr. 48). Die Bauchwand besteht nun aus folgenden Schichten: 1) dem Hornblatt (vom Hautsinnesblatte), der Anlage der Epidermis; 2) der äusseren, dickeren Lage der Hautplatten (der oberen Spaltungslamellen der Seitenplatten vom mittleren Keimblatte), der Anlage der Cutis; 3) der von dem Urwirbel abgespaltenen fortgewucherten Muskelplatte oder der Anlage der visceralen Muskeln, z. B. Intercostales etc.; 4) und 5) der in einer Schicht liegenden, auch von den Urwirbeln stammenden Anlage der Rippen und Intercostalnerven und 6 der inneren Schicht (in der Abbildung unter *up* nur als Linie dargestellt) der Hautplatte oder der Anlage der serösen Auskleidung der Pleuroperitonealhöhle. Lange ehe die Elemente der Bauchplatten die vordere Mittellinie des Bauches erreicht haben, verknorpeln die Rippenanlagen und bilden sich die einzelnen, bleibenden Muskeln aus. Sie schieben sich durch fortschreitendes Wachsthum in der ursprünglichen Bauchwand (Hautplatten) weiter, bis sie entweder, wie die *Mm. recti abdominis*, in der vorderen Mittellinie des Bauches sich berühren oder, wie die Rippen (mit dem Brustbein), selbst verwachsen.

Der Rücken wird dadurch vollendet, dass in den häutigen Bogen die verknorpelnden Wirbelbogen einander entgegenwachsen und in der späteren Folge verschmelzen. Auch die Hautplatten vereinigen sich in der Mittellinie, zu der sie, wie auch die Muskelplatten, von beiden Seiten heraufwuchern; aus ihnen entstehen Knochen, Muskeln, Nerven und Rückenhaut.

Die Extremitäten zeigen sich zuerst als Verdickungen der Hautplatten, die als kleine Stummel hervortreten, an deren Ende (REMAK) eine bedeutende Verdickung des sie überziehenden Hornblattes auffällt. Bei der weiteren Entwicklung wuchert in diese Anlage ein Auswuchs der Urwirbel hinein, an welchem sich die Muskelplatte und der Spinalnerv zu betheiligen scheinen. Die in die Extremitätenanlage hineinwuchernden Nerven erscheinen im Anfange als verhältnissmässig ungemein mächtige Bildungen.

Am Kopfe und Halse tritt keine Trennung der Urwirbelplatten und Seitenplatten in Urwirbel ein. Es finden sich am Kopf keine Urwirbel und auch in der Folge, so lange er noch knorpelig ist, keine Wirbelabtheilungen oder Wirbelbögen. Früh umwachsen in analoger Weise wie bei der Bildung der Wirbelsäule die Urwirbelplatten die Chorda von oben und unten, und später auch das Gehirn, wodurch eine zunächst häutige Schädelkapsel gebildet wird, die sich in der Folge in einen äusseren Theil, die Schädelhaut, und in einen inneren, die knöcherne Schädelkapsel, differenzirt. In den Wänden der Bauchseite des Kopfes und Halses aus Hornblatt und Seitenplatten bestehend, erleiden die mit den Urwirbelplatten verschmolzenen Seitenplatten eine von ersteren ausgehende Verdickung, welche die vordere Mittellinie zuerst nicht erreicht. Dann bilden sich seitlich je 4 Spalten: Schlund- oder Kiemenspalten (begrenzt von den Kiemenbögen), welche von aussen bis in den Schlund führen, und aus der ersten dieser Spalten — unter dem Ende des Gehirns, in der unteren Mittellinie — entsteht durch Einbuchtung und Durchbrechen von aussen der Mund. Die Theile, welche die erste, zweite und dritte Spalte von vorn her begrenzen, verdicken sich und erhalten die Bezeichnung Schlundbogen. Bei dem Säugethier sind vier vorhanden. Fig. 49. In der beistehenden Figur eines Hundeembryo hat man das Herz und den Raum zwischen den Kiemenbögen von einer dünnen Haut, der primitiven Brustwand, bedeckt zu denken. Die drei ersten Kiemenbögen sind am Ende kolbig und erscheinen als gegen einander gekrümmte, rippenähnliche Bögen. Während die ersten Bögen sich berühren (Unterkieferfortsatz, weichen die folgenden mehr von einander ab, nur verbunden durch die ursprüngliche dünne Halswand, welche hier die primitiven Aortenbögen deckt. Am ersten Kiemenbogen findet sich ein kleiner Ausläufer: Oberkieferfortsatz, welcher nach oben den Mund umgibt.

Von den Kiemenspalten bleibt für das spätere Leben nur die erste bestehen, welche äusseren und mittleren Ohr wird. Ein Theil der Kiemenbogen verschwindet, ein Theil

Fig. 49.



Kopf eines Embryo, von unten gesehen, mehr vergr. Nach Bismarck. a Vorderhirn, b Augen, c Mittelhirn, d Unterkieferfortsatz, e Oberkieferfortsatz der ersten Kiemenbogen, f-f-f) 2-4 Kiemenbogen, g linkes, h rechtes Hörrohr, k rechte, l linke Kammer, i Aorta mit 3 Paar Arcus aortae

verwandelt sich in länger oder ganz sich erhaltende den »MECKEL'schen Fortsatz«, der bei Embryonen vom Hais aus in den Unterkiefer sich erstreckt, ein ziemlich starker drischer Knorpelstrang, der wie später der sich von ihm kommende Processus Folianus mit dem Hammer sich verbindet und im achten Monat. Er entsteht aus dem ersten Kiemenbogen. An der Aussenseite des MECKEL'schen Fortsatzes entstehen 1) der Unterkiefer. 2) Hammer und Ambos sind Entwickelungen des Unterkieferfortsatzes des ersten Kiemenbogens. Sein Oberkieferfortsatz liefert 3, die Gaumen- und Flügelbeine. Der zweite Kiemenbogen liefert vor allem 4) den Steigbügel mit dem Musculus stapedius. Der dritte Kiemenbogen liefert 5) den Zungenkörper und dessen grosse Hörner.

Durch das fortschreitende Wachsthum der schuhförmigen Embryonalanlage erleidet dieselbe ganz constant Krümmungen. Zunächst entwickelt sich der Kopf durch die rasche Bildung des Gehirns immer mächtiger und schnürt sich und mehr von der Keimblase ab und wölbt sich empor, er erleidet eine doppelte Krümmung. Die erste fast rechtwinklige Krümmung: vordere Kopfkrümmung biegt den Kopf in der Gegend der zweiten Hirnblase in einen hinteren und deren Theil ab. An der Grenze des verlängerten Marks findet sich eine zweite rechtwinklige Krümmung: hintere Kopfkrümmung, Nackenhöcker. Eine dritte

Krümmung erleidet der Embryo später am entgegengesetzten Körperende (Schwanzkrümmung). Mit der weiteren Ausbildung des Halses hebt sich und streckt sich der Kopf wie die Höhe. Auch eine spiralförmige Drehung von links nach rechts (besonders bei Schlangen ausgeprägt) zeigt der Wirbelthierembryo. Von oben betrachtet liegt dann der Kopf im Profil, während der Rücken nach oben gerichtet ist.

Im allgemeinen Ueberblick erkennen wir (KÖLLIKER), dass der Leib der Wirbelthiere entwickelt aus drei Keimblättern und sechs primitiven Organen, von denen drei paarig sind. Diese primitiven Organe sind: 1) das Hornblatt; 2) die Medullarplatte, aus dem obersten Keimblatt; 3) die Chorda; 4) die Wirbelplatten; 5) die Seitenplatte, aus dem mittleren Keimblatt und 6) das Darmdrüsenblatt, aus dem unteren Keimblatt.

KÖLLIKER fasste in einer älteren Publication die ersten Entwicklungszustände üblicherweise in folgender Weise zusammen:

»Die morphologischen Vorgänge bei der Umbildung der drei Keimblätter in die aufgezogenen Organe sind im Einzelnen sehr verschieden: doch findet sich ein Gedanke überall wieder, der der Umbildung von Blättern oder hautartigen Anlagen in Röhren. Wenn man zuerst den späteren Umgestaltungen des mittleren Keimblattes absieht, so ist das Grundphänomen bei der Bildung des Wirbelthieres das, dass aus der blattartigen Anlage durch paarige Wölbungen von einer Axe nach oben und unten (Evolutio bigemina von BAER), genauer bezeichnet durch Umbiegen der Seitenwände nach unten und Bildung von Längswülsten neben der oberen Mittellinie, die dann zu einem Canal schliessen, ein Leib mit einer oberen Nervenöhle und einer unteren Visceralöhle entsteht. Das äussere Keimblatt erzeugt dabei notwendig eine Doppelröhre, nämlich einmal die Umhüllung des Ganzen oder das Hautrohr (Epidermis) und zweitens mit seinem mittleren Theil das Nervenrohr, während das mittlere Keimblatt (Darmdrüsenblatt) nur eine einfache Röhre bildet, das Darmepithelrohr. Das innere Keimblatt liefert die Axe, die Chorda, und dann die Begrenzungen des Nerven- und Visceralrohrs oder die Urwirbel und die Seitenplatten, welche die betreffenden Röhren fassen.



anfänglich nicht vollkommen umgeben. Ist so die erste Anlage gegeben, so wird dieselbe einzig und allein durch Leistungen des mittleren Keimblattes vervollständigt. Statt der primitiven Axe entsteht eine bleibende dadurch, dass die Urwirbel die Chorda umwachsen und so die Wirbelkörperanlagen liefern. Der übrige Theil der Urwirbel dient zur Vervollständigung der Rücken- und Bauchwand. Der ersteren liefert er durch Spaltung in verschiedene Lagen und zugleich durch Wucherung nach der oberen Mittellinie zu die Hüllen des Medullarrohrs, die Wirbelbogen und Nervenstämmen und durch die Muskelplatte auch die tieferen Muskelschichten (die vertebralen Muskeln, ARNOLD) und die Haut; der letzteren gibt er ebenfalls die Knochen (Rippen und Brustbein), die Muskeln (visceralen Muskeln, ARNOLD) und Nerven, welche Theile alle aus den Seitentheilen der ursprünglichen Urwirbel hervorsprossen, d. h. von den Wirbelbogen, der Muskelplatte und den Nervenstämmen aus in die Seitenplatten hineinwachsen, die dadurch in eine Cutisschicht und in eine innere Lage Darmfaserhaut oder, wie im Bereich der Pleuroperitonealhöhle, in die Serosa) gespalten wird. Während dies geschieht, wuchern die Seitenplatten, die im ganzen Bereich der Pleuroperitonealhöhle in eine äussere Hautplatte und eine innere Darmfaserplatte sich gespalten haben, mit ihrem inneren Ende nach innen unter der Axe durch zur Vervollständigung der Darmwand und zur Erzeugung des Gekröses, wo ein solches vorhanden ist. Wo Extremitäten vorkommen, sind sie Erzeugnisse der Seitenplatten, und zwar der äusseren Schicht derselben, welche an der Grenze gegen den Rücken einmal zu Muskel- und Knorpelanlagen sich differenzieren, die dann zur Bildung des Extremitätengürtels und seiner Muskeln in die Rücken- und Bauchwand hineinwuchern und zweitens durch mächtige Wucherung nach aussen die Anlage der eigentlichen Extremitäten erzeugen, welche dann unter Mitbetheiligung der von den Urwirbeln aus einwachsenden Nerven wieder in ihre einzelnen Theile sich sondert. So entsteht durch ein merkwürdiges Ineinandergreifen der Leistungen der Urwirbel und Seitenplatten das ganze verwickelte innere Gefüge des Inneren des Leibes.

Die Entwicklung der Blutgefässe sowie der weiteren einzelnen Organe wird im speciellen Theile gebracht werden.

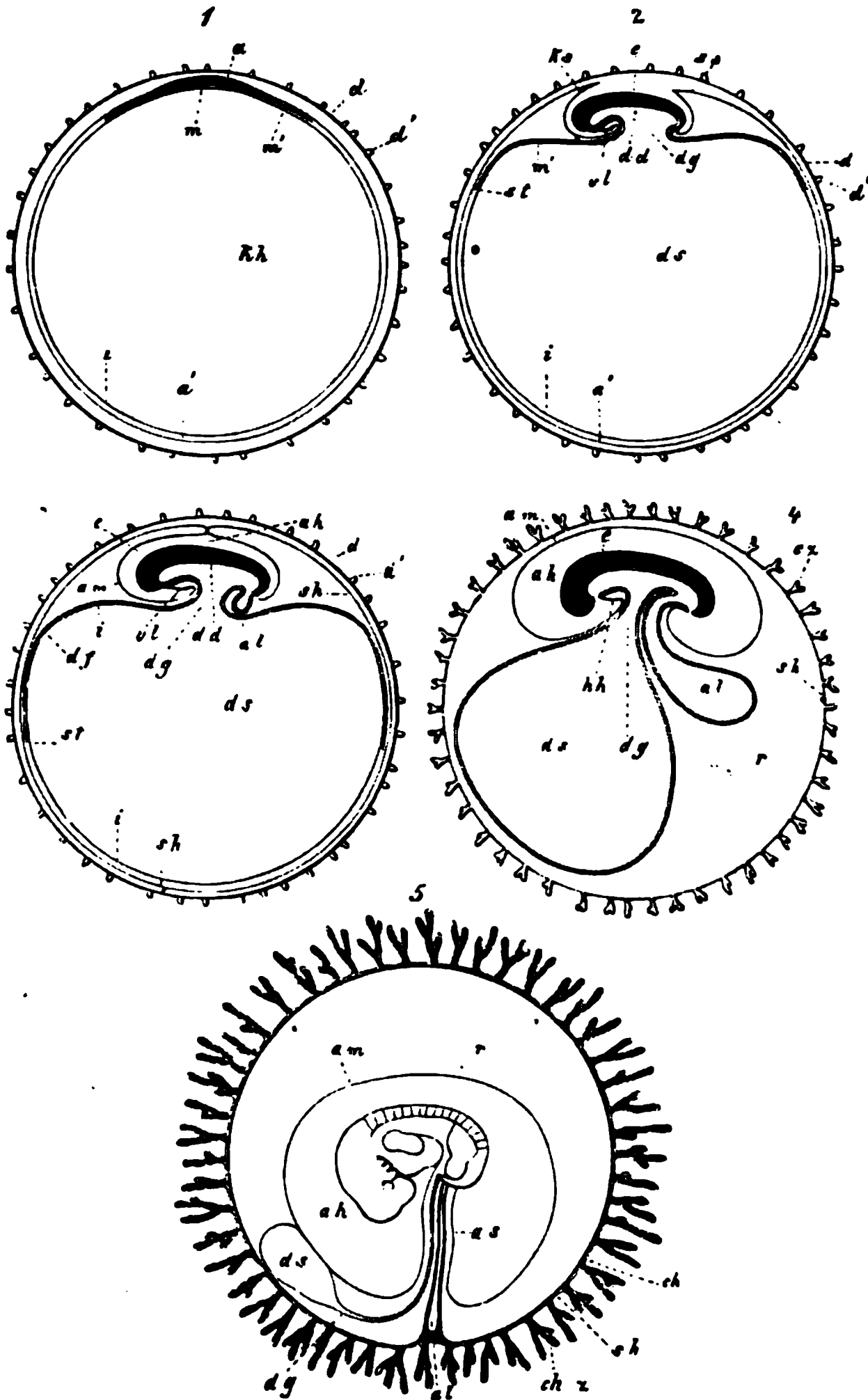
Es erübrigt noch eine Andeutung über die Bildung der fötalen Eihüllen, deren Bildung durch die umstehende Figur 49<sup>a</sup> erläutert wird.

Die Bildung des Amnion ist schon oben in ihren Grundlagen dargestellt. Es ist (wenigstens bei dem Hühnchen) eine Fortsetzung der gesammten Haut, mit einer Epithelialschicht und einer contractilen Faserschicht, welche beide unmittelbare Fortsetzungen der Hautplatte sind. Es entsteht zunächst als eine durchsichtige, dem Embryo eng anliegende Falte, die sich über den Embryo erhebend endlich zu einer zarten Blase verwächst und von den Rändern der unteren Leibesöffnung ausgeht. Das Amnion hat zu keiner Zeit selbständige Gefässe.

Nach BISCHOFF entsteht die Allantois, der Harnsack, der Säugethierembryonen als eine ursprünglich solide doppelte Wucherung der vorderen Beckenwand, die nachträglich einfach und hohl wird und sich mit dem Mastdarm in Verbindung setzt, so dass das Drüsenblatt desselben die hohlgewordene Allantoisanlage auskleidet. Die Allantois spielt für die Ernährung des Embryo eine sehr wichtige Rolle als Trägerin der Umbilikalgefässe. Die Allantois erscheint, wie gesagt, zuerst solid aus Zellen zusammengesetzt, bald bemerkt man in dem kugelförmig werdenden Gebilde eine Höhle. Das so entstandene Bläschen vergrössert sich mehr und mehr, wird gestielt und trennt sich von der Wand der Beckendarmhöhle und tritt, wie schon erwähnt, mit dem Hinterdarm in Communication. Sehr früh entwickeln sich Gefässe auf der Allantois, die zu einer grösseren, ausserhalb des Embryo zwischen Dottersack und Amnion gelegenen Blase wird, welche mit einem hohlen Stiel (Urachus oder Harngang) mit der vorderen Wand des Mastdarms in Verbindung steht. Der Urachus obliterirt zum Ligamentum vesicae medium, das bei dem Erwachsenen von dem Harnblasenscheitel zum Nabel führt. Die arteriellen Allantois-Gefässe erscheinen zunächst als Enden der beiden primitiven Aorten (Aa. vertebrales posteriores), später als stärkste Ausläufer derselben, sie heissen Aa. umbilicales. Aus einem zarten Netz, das sie auf der Allantoisblase bilden, gehen



Fig. 49 a.



Fünf schematische Figuren zur Darstellung der Entwicklung der fötalen Eihüllen, in denen allen, mit Ausnahme der letzten, der Embryo im Längsschnitte dargestellt ist. 1. Ei mit Zona pellucida, Keimblase, Frucht und Embryonalanlage. 2. Ei mit in Bildung begriffenem Dottersack und Amnion. 3. Ei mit sich schließendem Amnion, hervorsprossender Allantois. 4. Ei mit zottentragender seröser Hülle, grösserer Allantois, Embryo, Mund- und Anusöffnung. 5. Ei, bei dem die Gefässschicht der Allantois sich rings an die seröse Hülle anheftet und in die Zotten derselben hineingewachsen ist, wodurch das ächte Chorion entsteht. Dottersack und Amnionhöhle im Zunehmen begriffen. — *d* Dotterhaut, *d'* Zöttchen der Dotterhaut; *sh* seröse Hülle; *s* Raum zwischen der serösen Hülle; *ch* Chorion (Gefässschicht der Allantois); *chs* ächte Chorionzotten (aus den Fortsätzen des Chorion und dem Ueberzuge der serösen Hülle bestehend); *am* Amnion; *ks* Kopfscheide des Amnion; *ss* Scheide des Amnion; *ah* Amnionhöhle; *as* Scheide des Amnion für den Nabelstrang; *a* der Embryo angehörige Verdickung im äusseren Blatte der Keimblase *a'*; *m* der Embryonalanlage angehörige Verdickung im mittleren Blatte der Keimblase *m'*, die anfänglich nur so weit reicht, als der Fruchthof, und später die Schicht des Dottersacks *df* darstellt, die mit der Darmfaserplatte zusammenhängt; *st* Sinus terminalis; *d* Dottersack; *dg* Dottergang; *al* Allantois; *e* Embryo; *r* ursprünglicher Raum zwischen Amnion und Chorion, mit eiweissreicher Flüssigkeit erfüllt; *hh* Leibeswand in der Herzgegend; *hh* Herzhöhle ohne Herz dargestellt. — In Fig. 2 und 3 ist der Dottersack wegen das Amnion zu weit abstehend gezeichnet. Ebenso ist die Herzhöhle überall zu klein gezeichnet. — sonst manches, wie besonders der Leib des Embryo mit Ausnahme der Fig. 5 nur schematisch dargestellt.

wei Venen hervor: Vv. umbilicales, welche in den Rändern der Bauchwände nach vorne verlaufen und mit den Venae omphalo-mesentericae gemeinschaftlich in einen Behälter einmünden, der mit dem venösen Theil des Herzens in Verbindung steht (KÖLLIKER). Indem die Allantois sich an die innere Chorionwand anlegt und ihre Gefässe in die Zotten der Allantoisstelle hineinwuchern und von da in das Gewebe der Uterinschleimhaut der Mutter gelangen, entsteht die Placenta, welche von da an als Athmungs- und Ernährungsorgan des Embryo fungirt (cf. Athmungsorgane). Das Blut der Nabelvene ist nach der Ausbildung der Placenta heller als das der Nabelarterie, es besteht hier ein ganz analoges Verhalten wie zwischen dem Blut der Lungenarterie und Lungenvene. Auf der Nabelblase entwickeln sich die zierlichen Gefässe des ersten embryonalen Kreislaufs (Area vasculosa cf. Blutbewegung II). Sobald der Embryo durch die Gefässe der Allantois mit dem mütterlichen Blut communicirt (Placenta), so schrumpft die Nabelblase mit ihren Gefässen und dem Ductus vitello-intestinalis zu einem dünnen Strang zusammen, da sie jetzt ihre Bedeutung für das Embryonalleben verloren hat. Die Allantois enthält die Sekrete der Urnieren (cf. Harn).

Der Nabel besteht aus zwei concentrischen Röhren. Die innere ist der Darmnabel (Ductus omphalo-entericus), er verbindet die Darmwand mit der Nabelblase; die äussere ist der Hautnabel und verbindet die Bauchwand des Embryo mit dem Amnion. Zwischen beiden bleibt eine ringförmige Spalte, welche mit der Pleuroperitonealhöhle communicirt, und aus welcher der Urachus zur Allantoisblase hervorkommt. Durch den Abschnürungsprocess wird zunächst ein allseitig geschlossenes Darmrohr gebildet, welches mit der Visceralhöhle am oberen Ende und in der hinteren Medianlinie verwachsen ist. Der Durchbruch der vorderen und hinteren Darmöffnung wird im speciellen Theile noch näher abgehandelt werden.

---

## **Zweites Capitel.**

### **Die Chemie der Zelle.**

#### **Elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe.**

In der Geschichte der Bildung der Organismen finden wir Formgesetze, welche von den in der anorganischen Natur sich bethätigenden wesentlich verschieden scheinen. Die ausgebildete Zellform charakterisirt sich durch ihre Constitution aus heterogenen Theilen. Es gehört zum Begriff des Organismus, also auch der Zelle, dass in ihm verschiedenartige Bestandtheile durch das Band der Lebensthätigkeiten zu einem grösseren Ganzen vereinigt werden. Anders ist es bei den Formen der anorganischen Stoffe. Der Krystall lässt sich zertrennen in immer kleinere und kleinste Stücke, von denen jedes die wesentlichen Eigenschaften des Mutterkrystalles, dessen Grundform und Structur besitzt. Während die organische Formeinheit der Zelle erst an einer grösseren Anzahl zu einem Ganzen vereinigter Stoffmoleküle in Erscheinung treten kann, ist die anorganische Formeinheit des Krystalles die Eigenschaft jedes einzelnen kleinsten Stofftheilchens.

Entsprechend dieser Verschiedenheit in den Gestaltungsgesetzen scheint der Gedanke nahe zu liegen, dass auch die Stoffe, welchen durch das Leben die

den Chemismus der Zelle einem nicht weniger souveränen Hilfsmittel der Untersuchung, auf welchem die grösste Zahl der mitzutheilenden Entdeckungen beruht: der chemischen Elementaranalyse der organischen Stoffe. Sie hat ihre Ausbildung vor allem durch Justus von Liebig erfahren. Die Methode besteht vorzugsweise in einer kunstgerechten Verbrennung der organischen Stoffe, welche es erlaubt, die entstandenen Verbrennungsprodukte zu sammeln, zu wiegen und einer näheren chemischen Untersuchung zu unterwerfen.

Mit Hülfe dieser Methode hat die Wissenschaft gefunden, dass die eigentlich organisch-chemischen Stoffe nur aus einer äusserst geringen Anzahl einfacher Elementarstoffe zusammengesetzt sind. Nur 7 von den über 60 Elementen der Chemie, aus denen die Oberfläche unseres Planeten besteht, betheiligen sich zunächst an der chemischen Bildung der organischen Stoffe. Es sind diese: Sauerstoff O, Stickstoff N, Wasserstoff H, Kohlenstoff C, Schwefel S, Phosphor Ph, Eisen Fe. Ein kleiner Theil der organischen Stoffe besteht nur aus zwei dieser sieben Elemente, und zwar aus Kohlenstoff, der in keiner organischen Verbindung fehlt, und aus Wasserstoff (die natürlichen Kohlenwasserstoffe), oder aus Kohlenstoff und Sauerstoff (die wasserfreie Oxalsäure).

Weitaus die grösste Anzahl der im Thierkörper vorkommenden organisch-chemischen Verbindungen (die Mehrzahl der organischen Säuren, die Kohlehydrate und Fette) bestehen in ihrer Elementarzusammensetzung aus drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Das Verhältniss, in welchem sich der Sauerstoff zu dem Wasserstoff in den Verbindungen findet, ist ein verschiedenes. Bei den hierher gehörigen organischen Säuren bleibt, wenn man sich allen Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbunden denkt, noch ein Ueberschuss von Sauerstoff. Die Kohlehydrate erhalten ihren Namen von der Eigenschaft, dass in ihrer Zusammensetzung Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältnisse eingetreten sind, dass sie ausreichen würden, mit einander Wasser zu bilden. Bei den fetten Säuren zeigt sich ein Ueberschuss von Wasserstoff; nur ein Theil des Wasserstoffes fände Material an vorhandenem Sauerstoff vor, um sich mit ihm zu Wasser zu vereinigen.

Eine weitere Reihe organischer Stoffe enthält ausser jenen drei Elementarstoffen noch Stickstoff; sie werden als stickstoffhaltige Verbindungen den bisher genannten als den stickstofffreien gegenübergestellt. Man rechnet unter diese Gruppe auch die höchst zusammengesetzten chemischen Produkte der Lebensthätigkeit, welche Schwefel (Phosphor, einige auch Eisen) in ihrer Constitution besitzen.

Hierher gehören die stickstoffhaltigen organischen Säuren und Basen oder organischen Alkaloide und indifferenten krystallinischen Körper. Einige derartige krystallinische Stoffe enthalten ebenfalls Schwefel. Bisher kennt man drei in den Organismen vorkommende organische Substanzen, welche Phosphor enthalten: Glycerinphosphorsäure, Lecithin und Nuclein.

Zu den höchst zusammengesetzten organischen Stoffen gehören die Eiweissstoffe. Sie enthalten, neben Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Im Thierorganismus kommen auch Verbindungen der Eiweissstoffe mit anderen organischen Stoffen vor, welche bei ihrer Zersetzung Albuminate liefern: hierher gehört vor allem das Hämoglobin, welches Eisen in seiner Zusammensetzung enthält.

In den lebenden Organismen finden sich die organischen Stoffe gequollen und gelöst in einer relativ grossen Menge Wasser, ausserdem gemischt oder in chemischen Verbindungen mit einer procentisch meist geringen Menge von unverbrennlichen Stoffen anorganischer Natur, welche die Eigenschaften derselben für das Leben der Organismen in wesentlicher Weise umgestalten, so dass diese anorganischen Stoffe für das Bestehen des Organismus und für die Lebensvorgänge in demselben von nicht geringerer Bedeutung sind, als die angeführten organischen Verbindungen, aus denen die verbrennlichen Stoffe der pflanzlichen wie thierischen Organe bestehen. Sie betheiligen sich an der Bildung und Rückbildung der Organbestandtheile vor allem wohl dadurch, dass sie bestimmte chemische Zersetzungen und Verbindungen in den organischen Stoffen einleiten und selbst mit ihnen in Verbindung treten.

Wenn ein wasserfreier pflanzlicher oder thierischer Körper verbrennt, so verbindet sich mit Sauerstoff, so wird die Hauptmasse desselben, die aus den oben genannten Elementen besteht, in gasförmige Verbrennungsprodukte übergeführt. Ihr Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure Kohlendioxyd  $\text{CO}_2$ , welche, an Metalle der Alkalien gebunden, z. Thl. in der Asche zurückbleibt, der Wasserstoff verbindet sich ebenfalls zum Theil mit Sauerstoff zu Wasser  $\text{H}_2\text{O}$ , ein anderer Theil geht in gasförmiger Verbindung mit Stickstoff, wenn solcher zu der chemischen Constitution des verbrennenden Körpers gehörte, als Ammoniak  $\text{NH}_3$  in die umgebende Atmosphäre. Phosphor und Schwefel bleiben in ihren entstehenden Sauerstoffverbindungen dreibasische Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , nach dem Verbrennen verbunden mit den anorganischen Stoffen als Asche zurück. Die nach der Verbrennung zurückbleibenden festen Stoffe werden als Aschenbestandtheile von den organischen Stoffen unterschieden. Ausser den genannten finden sich in der Asche noch folgende Stoffe: Von Nichtmetallen Chlor  $\text{Cl}$ , Fluor  $\text{F}$ , Kiesel Silicium  $\text{Si}$ ; von Metallen, und zwar von Alkalien, Kalium  $\text{K}$ , Natrium  $\text{Na}$ , von alkalischen Erden Calcium  $\text{Ca}$ , Magnesium  $\text{Mg}$ , und normal als schweres Metall Eisen  $\text{Fe}$ , oft mit Mangan  $\text{Mn}$  dem steten Begleiter des Eisens in der anorganischen Natur, bei gewissen niederen Thieren (cf. Blut) Kupfer  $\text{Cu}$ .

Die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden sind in der Asche meist als Schwefelsäure und Phosphorsäure, z. Thl. an Kohlensäure gebunden, ein Theil findet sich als Chlorverbindungen. Das Fluor kommt als Fluorealcium Calciumfluorid  $\text{CaF}_2$ , das Silicium als Kieselerde Silicindioxyd  $\text{SiO}_2$  in den Aschen vor.

Zu den anorganischen Bestandtheilen der Organismen gehört vor allem das Wasser  $\text{H}_2\text{O}$ , das die Hauptmasse der organisirten Körper ausmacht. Manche Pflanzenstoffe enthalten davon mehr als 90%; auch die thierischen Organe bestehen theilweise bis zu 75% und mehr aus Wasser, doch ist der Wassergehalt der verschiedenen Organe sehr wechselnd, er schwankt auch aus physiologischen und pathologischen Ursachen.

### Chemismus der Pflanzen- und Thierzelle.

Die Hauptmasse der organisirten Körper, der Pflanzen und Thiere, besteht abgesehen von dem Wasser, aus kohlenstoffverbindungen, von welchen wir gesehen haben, die einfacheren noch Wasserstoff und Sauerstoff und Stick-

stoff enthalten. Die organischen Stoffe werden in den Pflanzen aus anorganischen Nährstoffen, vor allem aus Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure oder Ammoniak (Schwefelsäure, Phosphorsäure), gebildet. In welcher Weise aber diese einfachen Verbindungen zu den complicirten Stoffen umgewandelt werden, aus denen sich die Pflanze zusammengesetzt zeigt, darüber wissen wir bisher noch sehr wenig. So viel steht fest, dass die Bildung der organischen Stoffe in der Pflanze denselben Gesetzen folgt, nach denen die chemischen Verbindungen auch ausserhalb der Zelle entstehen. So lange die künstliche Bildung organischer Stoffe den Chemikern noch nicht gelungen war, konnte man glauben, dass in der lebenden Zelle die Stoffbildung ganz anderen Gesetzen unterliegt als in der anorganischen Natur. Im Jahre 1828 hat WÖHLER den Beweis geliefert, dass man im thierischen Organismus sich bildende Verbindungen aus den Elementen künstlich zusammensetzen könne. Er machte die Entdeckung, dass Ammoniumcyanat, das sich leicht aus den Elementen erhalten lässt, in wässriger Lösung eingedampft, sich in Harnstoff verwandelt. Seit dieser Zeit ist eine Anzahl im pflanzlichen und thierischen Organismus entstehender Verbindungen künstlich dargestellt worden, und täglich wächst diese Zahl, so dass wir hoffen können, die Stoffvorgänge in den Zellen immer genauer verstehen zu lernen.

Zwischen den anorganischen Stoffen, aus denen die Pflanze ihre organischen Bestandtheile bildet, und den organischen Stoffen selbst erkennt man sogleich einen wesentlichen Unterschied. Die ersteren sind der Hauptmasse nach Verbrennungsprodukte, d. h. Sauerstoffverbindungen, welche so viel Sauerstoff in sich haben, dass bei den gewöhnlichen Oxydationsbedingungen kein weiterer Zutritt dieses Stoffes in die Verbindung möglich ist, sie sind mehr oder weniger vollkommen oxydirt.

In den organisch-chemischen Verbindungen hingegen fehlt entweder der Sauerstoff gänzlich, oder er ist nur in einer solchen Menge vorhanden, dass noch immer eine mehr oder weniger bedeutende Quantität desselben nothwendig ist, um aus den sie zusammensetzenden chemischen Elementen Verbindungen mit anorganischem Charakter herzustellen. Die organischen Verbindungen können alle noch höher oxydirt werden, sie sind alle verbrennlicher Natur.

Dieser Charakter der Verbrennlichkeit, welcher die organischen Stoffe kennzeichnet, wird den Elementarverbindungen der organischen Welt, indem sie Bestandtheile eines Pflanzenorganismus werden, erst aufgedrückt. In dem Laboratorium der Pflanzenzelle müssen sich also Vorgänge finden, welche die aus der Umgebung aufgenommenen Sauerstoffverbindungen entweder gänzlich von ihrem Sauerstoff befreien oder diesen doch zum Theil aus ihnen abscheiden, Vorgänge, die man im Allgemeinen mit dem Namen der Desoxydation, Reduction bezeichnet. Die Kraft, welche die chemischen Verbindungen des Sauerstoffs, der die stärkste verwandtschaftliche Attraction zu allen Elementen besitzt, zusammenhält, muss durch eine grössere, in den Zellen zur Wirksamkeit kommende Kraft überboten werden, so dass der Sauerstoff bei der Bildung der organischen Stoffe frei werden kann.

Es war eine der grössten Entdeckungen der Physiologie, als man erkannte, dass diese Kraft der Desoxydation in den grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen nur zur Wirksamkeit kommt unter dem Einflusse des



Sonnenlichtes, dass diese Kraft von dem Sonnenlicht geliefert werde. Dieser Entdeckung steht die andere als nicht weniger wichtig zur Seite, dass die Lebenserscheinungen der thierischen Zelle im Allgemeinen nicht mit derartigen Desoxydationsprocessen, sondern im Gegentheil mit Aufnahme von Sauerstoff verbunden sind, d. h. mit Vorgängen verschiedener Art, welche aber fast alle darin übereinstimmen, dass sie schliesslich die organischen Stoffe, welche in dem animalen Organismus enthalten sind, (meist) in ihre letzten anorganischen Oxydationsprodukte umwandeln, aus welchen sie in der Pflanzenzelle sich gebildet haben. Wir bezeichnen diese Vorgänge, ohne sie damit mit den Verbrennungen ausserhalb des Organismus irgendwie auf eine Stufe stellen zu wollen, als organische Oxydationsvorgänge. Analog verhält es sich auch mit den Desoxydations- und Reductionserscheinungen in der Pflanzenzelle, auch sie gehen in einer für das Pflanzenleben charakteristischen Weise vor sich: organische Desoxydation.

Mit diesen Entdeckungen war das Dunkel des Zusammenhanges des Thier- und Pflanzenreiches erhellt. Die chemischen Vorgänge in den Zellen der grünen Pflanzen und in den Thierzellen sind principiell von einander verschieden. Während die Pflanzenzelle anorganische Sauerstoffverbindungen in sich als Nahrungsmittel aufnimmt und sie durch Desoxydation in organische Stoffe verwandelt, verwandelt die thierische Zelle, die ihre Nahrung aus dem Pflanzenreiche bezieht, die (meisten) von der Pflanze gebildeten organischen Stoffe zurück in einfache, anorganisch zusammengesetzte Sauerstoffverbindungen.

Das organische Leben stellt sich danach chemisch als ein in sich geschlossener Kreislauf des Stoffes dar.

Die Pflanze eignet sich Stoffe aus der sie umgebenden anorganischen Natur an, aus Luft und Boden, und macht sie zu Bestandtheilen ihres Körpers. Die Bestandtheile der Pflanze werden zu Bestandtheilen des Thieres, die Bestandtheile des Thieres wieder zu Bestandtheilen des Bodens und der Luft, aus denen die Pflanze sie für das organische Leben zurück gewinnt. Der Kohlenstoff der Kohlensäure der Luft wird zum Kohlenstoff der Cellulose, des Stärkemehls, des Zuckers, des Fettes, des Klebers und des Albumins, er wird zum Kohlenstoff unseres Fleisches, unseres Blutes, unserer Nervensubstanz und kehrt aus diesen in der Form von Kohlensäure wieder in die Luft zurück, aus der er stammte. Ebenso wie bei dem Kohlenstoffe ist für alle chemischen Elemente des animalen Leibes und der diesen zusammensetzenden Zellen der Ursprung aus der anorganischen Natur nachzuweisen, aus denen sie von der Pflanze aufgenommen und zu organisch-chemischen Verbindungen verarbeitet werden, aus denen der thierische Organismus seine Organe aufzubauen vermag. Der letztere eignet sich die von der Pflanze vereinigten Stoffe an, im Allgemeinen nicht etwa, um sie in noch höhere und complicirtere Produkte zu verwandeln, sondern um sie zu zersetzen und ihnen im Allgemeinen die Eigenschaften der anorganischen Körper wieder zu ertheilen.

Wir verstehen so, wie die chemische Zusammensetzung der thierischen und pflanzlichen Zelle im Wesentlichen eine gleiche sein kann. Wir finden in beiden die höchst zusammengesetzten organischen Stoffe neben anderen, welche sich weniger von den chemischen Verbindungen anorganischer Art unterscheiden. Bei den Pflanzenzellen müssen aber diese letzteren der Mehrzahl nach



als Vorstufen zur Bildung der höchsten Produkte der organisch-chemischen Lebensvorgänge angesehen werden, bei den Thierzellen dagegen als die Zeugen einer regressiven Thätigkeit, als die Zersetzungsprodukte der höher zusammengesetzten Stoffe.

Wir finden somit einen principiellen Unterschied in dem Chemismus der Zellen in den beiden organischen Reichen; aus ihm erklärt sich die wesentliche Verschiedenheit der Lebensäusserungen der Pflanzen- und Thierzelle. Während die eine — die chlorophyllhaltige Pflanzenzelle — von aussen her Kräfte beziehen muss, um die Trennung der festen chemischen Verbindungen, die sie als Nahrung aufnimmt, zu Stande zu bringen, vermag die andere — die Thierzelle — die Stoffzersetzung unter Sauerstoffaufnahme, welche auch in der anorganischen Natur eine Hauptquelle mechanischer Leistungen ist, zur Hervorbringung von Kraftäusserungen ausserhalb ihres Körpers zu verwenden. Die Pflanzenzelle verbraucht bei ihren chemischen Vorgängen Kräfte, die sie in der Form von Licht und Wärme von der Sonne erhält; die Thierzelle producirt durch ihre chemischen Vorgänge Kräfte, die vor allem als Wärme, Electricität und mechanische Bewegung (in einzelnen Fällen auch als phosphorescirendes Licht bei leuchtenden animalen Organismen) erscheinen.

### Die Pflanzenzelle.

Die Unterschiede in den chemischen Vorgängen, welche wir zwischen Pflanzen- und Thierzellen kennen gelernt haben, lassen sich, wie schon angedeutet, nur zwischen den chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen, unter dem Einfluss einer genügenden Lichtstärke, und den animalen Zellen erkennen.

Der chemische Vorgang in den Pflanzenzellen ist ein doppelter. Zu ihrer Stoffbildung nehmen sie jene einfach zusammengesetzten Sauerstoffverbindungen in sich auf, aus denen in den chlorophyllhaltigen Zellen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes und unter Ausscheidung von Sauerstoff die sauerstoffarmen organischen Pflanzenbestandtheile gebildet werden. Auf diesem Vorgang beruht das Zunehmen der Pflanzen mit chlorophyllhaltigen Organen an Masse, die Assimilation der Pflanzen (SACHS). Diese Fähigkeit der Assimilation geht aber allen nicht-chlorophyllhaltigen Pflanzenorganen oder ganzen Pflanzenindividuen ab, ebenso fehlt auch den chlorophyllhaltigen Pflanzen und Pflanzenorganen bei zu geringer Lichtintensität die Fähigkeit, aus Wasser und Kohlensäure unter Mitwirkung anderer anorganischer Nährstoffe organische Substanzen zu erzeugen.

Das Leben der Pflanzenzelle ist nicht allein auf Vorgänge der organischen Stoffbildung aus anorganischen Stoffen, der Assimilation, beschränkt.

In den chlorophyllhaltigen Zellen selbst oder nach dem Uebertritt in andere Organe erleiden die Assimilationsprodukte mannigfache chemische Umwandlungen, die nicht mit einer Abscheidung von Sauerstoff, sondern mit einer Umlagerung der Moleküle, meist mit einer Aufnahme geringer Sauerstoffmengen und Aushauchung kleiner Kohlensäurevolumina verbunden sind. Diese Reihe chemischer Vorgänge, die unabhängig von der Einwirkung des Lichtes und Chlorophylls vor sich geht, pflegt man von der Assimilation als Pflanzenstoff-

wechsel (SACHS) zu unterscheiden. Durch diesen Stoffwechsel wird im Allgemeinen die Masse der assimilirten Pflanzenbestandtheile vermindert. Die Zunahme der chlorophyllhaltigen Pflanzen an organischen Stoffen beruht also auf einem Uebergewicht der assimilirenden Thätigkeit der chlorophyllhaltigen Organe im Lichte gegenüber der durch den Stoffwechsel bedingten Stoffverminderung. Während die Assimilation nur im Lichte und in den chlorophyllhaltigen Organen stattfindet, geht der Vorgang des Stoffwechsels unablässig in allen Pflanzenorganen vor sich. Alle Pflanzen haben sonach einen beständig fortschreitenden, dem animalen vergleichbaren Athmungsvorgang, der in Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe wie bei den Thieren besteht. Doch ist diese Art der Athmung bei den Pflanzen meist nur eine sehr geringe, sie wird von der im Lichte in den chlorophyllhaltigen Pflanzenorganen stattfindenden vegetativen Pflanzenathmung mit Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff weit übertroffen, wenigstens in denjenigen Vegetationsperioden, in welchen der Assimilationsvorgang einen lebhaften Verlauf nimmt.

Die Lebensvorgänge in den Pflanzen, welche nicht zu der Assimilation gehören, sind wie die in den Thieren von einer Stoffzersetzung abhängig. Die Bildung von Wärme und Electricität in den Pflanzenorganen, die Bewegungen des Protoplasmas, die Bildung und Vergrößerung der Zellen, besonders deutlich in der Keimung der Samen, findet auf Kosten vorher assimilirter Stoffe statt, welche dabei einer Veränderung im Sinne des (animalen) Stoffwechsels unterliegen.

Das Wachsthum der Pflanzen setzt wie das der Thiere die vorübergehende Assimilation von organischen Stoffen aus den anorganischen Nährbestandtheilen voraus; der Unterschied besteht aber darin, dass die Thiere diesen Assimilationsvorgang nicht selbst einzuleiten vermögen und daher die von der chlorophyllhaltigen Pflanze assimilirten Substanzen zum Aufbau und zur Erneuerung ihrer Organe in sich aufnehmen müssen, während sich die chlorophyllhaltige Pflanze selbst die Stoffe bildet, die sie für ihre mit Kraftaufwand verbundenen Lebensthätigkeiten bedarf. Zu diesem Zwecke werden die in den chlorophyllhaltigen Organen im Lichte gebildeten organischen Pflanzenstoffe allen anderen Pflanzentheilen zugeleitet, sie können aufgespeichert werden, um erst in der Folge ihre Verwendung zu finden, wenn wie im Frühjahr bei sehr vielen Pflanzen oder bei den Samen die Wachsthumsprozesse beginnen, ehe chlorophyllhaltige Organe ihre stoffbildende Thätigkeit entfalten können. Die chlorophyllfreien Pflanzen (Schmarotzer und Humusbewohner) assimiliren ebensowenig wie die animalen Organismen, sie nehmen wie diese schon organisirte Stoffe in sich auf, in ihnen findet, soviel wir wissen, nur ein Stoffwechsel statt mit Einathmung von Sauerstoff und Ausathmung von Kohlensäure. Die assimilirende Thätigkeit der Pflanzen hat also vorzüglich drei Aufgaben zu genügen: sie liefert die Stoffe auf deren Verbrauch ihre eigenen mit dem Verlust von Spannkraften verknüpften Lebensthätigkeiten beruhen; sie liefert weiter die Stoffe für den Aufbau und die Kräfteerzeugung der Schmarotzerpflanzen und ist drittens die Quelle aller organischen Bestandtheile der animalen Organismen.

Die Assimilationsvorgänge in der Pflanzenzelle sind an das Vorhandensein des Protoplasmas geknüpft, das in seiner Modification als grünes Chloro

phyllkorn die Fähigkeit zur Verwendung des Lichtes zum Zwecke der Einleitung von organischen Desoxydationen erhält. In den Chlorophyllkörnern selbst lagern sich die unter ihrer Einwirkung sich bildenden organischen Stoffe (z. B. Stärkekörnchen) ab. Das Protoplasma ist die lebende Substanz in der Pflanzen- und Thierzelle. Das Wesentliche am Protoplasma beider Reiche scheinen — wenn man vom todten Protoplasma, welches der chemischen Untersuchung unterworfen werden kann, auf das lebende zurückschliessen darf, cf. unten — in Wasser gequollene Eiweisskörper: Globuline (vorwiegend Vitellin und Myosin, HOPPE-SEYLER) in Verbindung mit gewissen anorganischen Stoffen (phosphorsaurem Kali, phosphorsaurem Kalk etc.) zu sein. Ausserdem findet man im Protoplasma sehr regelmässig: Lecithin, Cholesterin, Kohlehydrate, sowie gewisse körnige Einschlüsse, z. B. die ebenerwähnten Chlorophyllkörper, niemals fehlen dem lebenden Protoplasma verschiedene Fermente (HOPPE-SEYLER).

Die Zelle der Pflanze benutzt zum Aufbau ihrer Wandungen, die aus Zellstoff (Cellulose) bestehen, die Stärke, die Zuckerarten, das Inulin und die Fette; als chemisches Baumaterial für den Zellinhalt mit den Chlorophyllkörpern dienen vor allem die Eiweissstoffe. Für die Frage über die Fettbildung im animalen Organismus ist es wichtig, dass man durch Beobachtung an keimenden Samen etc., die ihre ersten Organe nur aus ihren ersten Reservestoffen ohne Assimilation bilden müssen, mit vollkommener Sicherheit nachweisen kann, dass sich Fette und Kohlehydrate leicht eines in das andere verwandeln können, dass die Pflanze Fette zur Bildung von Stärke, Zucker und Cellulose ebenso benutzt, wie sie aus diesen Fette entstehen lässt zum Beweise, wie innig die Verwandtschaft zwischen Fetten und Kohlehydraten sein muss.

Dem Stoffwechsel der Pflanzen entstammen ausser den letzten Produkten der Zersetzung der organischen Stoffe: Kohlensäure, Wasser (aus Kohlehydraten und Fetten kommend), Ammoniak und Schwefelsäure (welche neben Kohlensäure und Wasser die Zersetzung von Albuminaten liefert), auch Degradationsprodukte und Nebenprodukte des Stoffwechsels. Zu den ersteren gehört der Bassorin und der Pflanzenschleim, in welchen sich die Zellwände bei den Quitten- und Leinsamen verwandeln. Auch körnige Degradationsprodukte des Protoplasmas kommen vor, z. B. an Stelle der grünen Chlorophyllkörner anders gefärbte oder, wie in den absterbenden Blättern, nur kleinste gelbe Körnchen. Als Nebenprodukte, welche für das Zellenleben keine erkannte Bedeutung haben, können wir eine lange Reihe von Farbstoffen, Alkaloiden, Gerbstoffen, Pectinstoffen, auch das Wachs etc. bezeichnen.

Der Unterschied zwischen der chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle und der Thierzelle ist also auch in dieser Beziehung kein absolut durchgreifender. Er bezieht sich allein auf die Fähigkeit der Bildung organischer Stoffe aus anorganischen Nährmitteln, welche die chlorophyllhaltige Pflanzenzelle im Lichte besitzt, die sie aber bei Mangel des Lichtes und der Chlorophyllkörper meist ebenso entbehrt wie die Thierzelle.

Da der thierische Organismus von den in der Pflanze assimilirten Stoffen seine Organe aufbaut und erneuert, so wollen wir noch einen Blick auf die Hauptnährstoffe organischer Zusammensetzung werfen, welche die Pflanze dem Thiere liefert.

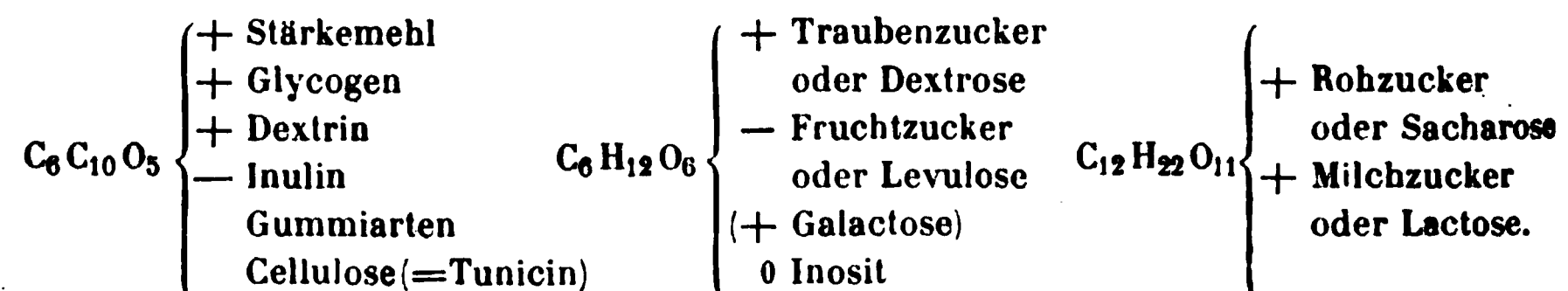
Für die Oekonomie der thierischen Zelle sind nicht alle in der Pflanze gebildeten Stoffe gleichwerthig. Im Allgemeinen ist es verhältnissmässig nur eine kleine Anzahl von chemischen Verbindungen, welche die thierische Zelle zu ihrem Aufbau der Pflanzenwelt entlehnt.

Sehen wir zunächst von den anorganischen Stoffen ab, so sind vor allem wichtig für das Thierreich die höchstzusammengesetzten Produkte des pflanzlichen Zellenchemismus: die Albuminate oder Eiweissstoffe, deren rationelle chemische Formel noch nicht erkannt ist. Die Pflanze erzeugt mehrere Modificationen von Eiweiss, welche mit den im Thierorganismus

mus gefundenen im Allgemeinen übereinstimmen. In den wachsenden und keimungsfähiger Pflanzen sind es nach HOPPE-SEYLER vorwiegend Globuline, und zwar Myosin und Vitellin, vielleicht im lebenden Protoplasma in Verbindung mit Lecithin und gewissen anorganischen Stoffen. In Eidottern und Samen von Pflanzen finden sich eiweissartige Substanzen krystallisiert, man nennt sie bei den Pflanzen Aleuronkrystalle, in den Eiern Dotterblättchen; sie werden neuerdings chemisch zu Vitellin gestellt. Die älteren Angaben über Pflanzeneiweissstoffe bezogen sich z. Thl. auf mehr oder weniger »unreine« Substanzen, doch ist es immerhin wichtig, die betreffenden Stoffe zu kennen, so lange wir noch nicht bestimmt wissen, ob diese »Verunreinigungen« nicht vielleicht mit der Constitution der lebenden Protoplasmabestandtheile in naher Beziehung stehen.

In allen Pflanzensäften fand man das Pflanzenalbumin, welches mit dem thierischen Serumeiweisse identisch erschien. In den Körnern der Getreidefrüchte findet sich in ziemlicher Menge der Kleber, den man in zwei verschiedene Substanzen zerlegte: Pflanzenleim und Pflanzenfibrin; in den Samen der Hülsenfrüchte, der Bohnen, Erbsen, Linsen das Pflanzen-casein oder das Legumin.

Neben den Albuminaten stehen als ebenfalls sehr bedeutungsvoll für den thierischen Haushalt die Kohlehydrate, von denen ein Theil in Wasser löslich, ein anderer unlöslich im Pflanzenreiche als Material für die Bildung der äusseren Zellmembranen (Cellulose), oder zur Bildung fester, organisirter Körnchen im Zellinhalte (Stärke) sich benutzt findet. Alle zeigen eine grosse Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung, wodurch die Leichtigkeit des Ueberganges des einen Kohlehydrates in das andere verständlich wird. Wir unterscheiden die betreffenden Körper von einander nicht nur durch ihre chemischen Eigenschaften, sondern vorzüglich durch ihr Verhalten gegenüber Gährungserregern und gegen das polarisirte Licht, sie drehen die Ebene des polarisirten Lichtes entweder rechts oder links, wonach man sie als rechtsdrehend (+) oder linksdrehend (—) bezeichnet:



Auch die verschiedenen reichlich in den frischen Pflanzen sich findenden organischen Säuren müssen, trotz ihres z. Thl. hohen Sauerstoffgehaltes, als wenn auch geringwerthige Nahrungsstoffe der Thierzelle betrachtet werden, z. B. Essigsäure  $C_2H_4O_2$ , Apfelsäure  $C_4H_6O_5$ , Weinsäure  $C_4H_6O_6$ , Citronensäure  $C_6H_8O_7$ .

Dagegen gehen die Oele und Fette im Ernährungswerthe auch den Kohlehydraten vor; sie zeigen einen viel geringeren Gehalt an Sauerstoff als letztere. In dem Pflanzenreiche sind sie sehr verbreitet; es gibt wohl keine Pflanze und kein Pflanzengewebe, in denen nicht wenigstens Spuren von Fett oder Oel vorkämen, namentlich in Pflanzensamen sind sie reichlich angehäuft. Meist sind sie Gemische aus Glycerinäthern der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure. Beim Kochen mit Kali- oder Natronlauge entstehen aus den Fetten ein Alkohol: Glycerin  $C_3H_5(OH)_3$  und fettsaure Salze der Alkalimetalle (Seifen), indem das Fett unter Wasseraufnahme in die Fettsäure und Glycerin zerfällt. Das Stearin, ein festes Fett, ist Glyceryltristearat oder Tristearin, d. h. Glycerin, in welchem durch das Radical der Stearinsäure ( $C_{18}H_{35}O$ ) die 3 Atome Wasserstoff des Hydroxyls (OH) ersetzt sind:  $C_3H_5(O.C_{18}H_{35}O)_3$ .

Die fetten Säuren, von denen viele in Thier- und Pflanzenzellen fertig gebildet vorkommen, zeigen die allgemeine Formel:  $C_nH_{2n}O_2$ . Neben jenen Säuren dieser Reihe, welche aus den Fetten abgeschieden werden können: eigentliche Fettsäuren, finden sich solche, welche sich durch einen höheren Sauerstoffgehalt auszeichnen und vielfach als Vorstufen für die Bildung der eigentlichen Fettsäuren aufgefasst wurden; wir können sie mit den eigentlichen Fettsäuren nach einer geschlossenen Stufenfolge ordnen, bei welcher der Sauerstoffgehalt in

Verhältniss zu den beiden übrigen Elementen C und H immer mehr abnimmt; für unsere Betrachtungen sind am wichtigsten:

I. Flüchtige Fettsäuren	{	Ameisensäure . . .	C	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
		Essigsäure . . .	C <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
		Buttersäure . . .	C <sub>4</sub>	H <sub>8</sub>	O <sub>2</sub>
		Capronsäure . . .	C <sub>6</sub>	H <sub>12</sub>	O <sub>2</sub>
		Caprylsäure . . .	C <sub>8</sub>	H <sub>16</sub>	O <sub>2</sub>
		Caprinsäure . . .	C <sub>10</sub>	H <sub>20</sub>	O <sub>2</sub>
II. Eigentliche Fettsäuren	{	Palmitinsäure . . .	C <sub>16</sub>	H <sub>32</sub>	O <sub>2</sub>
		Stearinsäure . . .	C <sub>18</sub>	H <sub>36</sub>	O <sub>2</sub>

Meist kommt in den Fetten mit den eigentlichen Fettsäuren auch die Oelsäure (Oleinsäure) C<sub>18</sub> H<sub>34</sub> O<sub>2</sub> gemischt vor, welche einer sehr nahe verwandten Gruppe organischer Säuren angehört.

Man unterscheidet je nach der Consistenz Fette und Oele. Unter den pflanzlichen Fetten stehen obenan die sehr feste Cacaobutter, ein Gemisch der Glycerinäther der Stearin- und Palmitinsäure; das butterartige Palmöl, bestehend aus den Glycerinäthern der Palmitin- und Oelsäure, und die weiche Cocosnussbutter, in welcher der Glycerinäther der Coccinsäure mit dem der Oelsäure verbunden ist. Von den pflanzlichen Oelen wird das Olivenöl (mit Oelsäure und Palmitinsäure) vielfach als Nahrungsmittel benutzt. In dem Mandel- und Rapsöl findet sich nur Oelsäure.

Die grosse Reihe weiterer chemischer Stoffe, welche in der Pflanze erzeugt werden, können zwar unter Umständen auch zu den Zwecken des thierischen Organismus verwendet werden, sie treten jedoch theilweise ihres hohen Sauerstoffgehaltes wegen in ihrer Bedeutung für das Bestehen der thierischen Zelle so sehr in den Hintergrund, dass wir sie hier füglich übergeben können. Die stickstoffhaltigen pflanzlichen Basen z. B. Cofein, welche sehr lebhaft Einwirkungen auf das Nervensystem der animalen Organismen ausüben, werden in der Folge theils als physiologische Nervenreizmittel, theils als Arzneimittel und Gifte für uns wichtig werden (cf. spec. Physiologie).

Werfen wir dagegen, ehe wir diesen Gegenstand verlassen, noch einmal einen schliesslichen Blick auf die Art der Entstehung der pflanzlichen organischen Stoffe.

Man nimmt zunächst noch ohne genügende Experimentalbeweise an, dass der höchst zusammengesetzte chemische Pflanzenstoff: das Albumin als höchstes und letztes Produkt der chemischen Thätigkeit der Pflanzenzelle gebildet wird. Wir finden dasselbe in vorzüglicher Menge in den Pflanzensamen stets neben einer reichlichen Menge von Stärkemehl. Die noch unentwickelte Pflanze findet in diesen beiden Stoffen das Material zur Bildung ihrer Organe, die alle Eiweissstoffe und Kohlehydrate enthalten, in hinreichender Menge schon fertig gebildet vor. Die Pflanze erbaut sich aus diesen beiden Stoffen, indem sie Zelle auf Zelle entstehen lässt. Endlich hat sie die Ausbildung erreicht, die sie bedarf, um selbständig an die Herstellung neuer organischer Stoffe aus den Elementen gehen zu können. Wenn sich die ersten Blättchen und die Wurzel gebildet haben, beginnt die Pflanze ihr selbständiges Leben. Dieses besteht vor allem in einer Aufnahme von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak und in einer correspondirenden Abgabe von Sauerstoff an die umgebende Luft zum Beweise, dass nun jene Prozesse der organischen Reduction im Innern der Pflanzenzellen stattfinden, auf denen in Verbindung mit den Vorgängen der Synthese und Substitution die Bildung der organischen Stoffe beruht. Die Frage scheint noch nicht entschieden, ob die Eiweissstoffe des Protoplasmas der in der Keimung neugebildeten Zellen hierbei nicht zum Theil neu entstehen. Die niederen Pflanze wenigstens vermögen Eiweissstoffe in Lösungen, welche z. B. weinsaures Ammoniak, Zucker und die anorganischen Nährsalze enthalten, ohne Chlorophyll zu bilden (PASTEUR u. A.).

Da die Pflanzenstoffe alle C enthalten, den ihnen die eingeathmete Kohlensäure mit dem

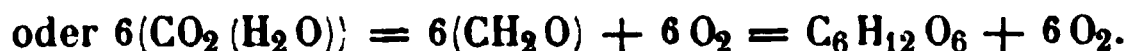


Wasser liefert, so können sie als mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome an werden. Man kann z. B. den Zucker in seiner einfachsten empirischen Formel als säure auffassen, in welcher 1 Aeq. Sauerstoff vertreten ist durch 2 Aeq. Wasserstoff (LIEBIG):

Kohlensäure:



Traubenzucker:



Die Kohlensäure wird also bei der Bildung der organischen Stoffe nicht zerlegt, sondern nur ihre Bestandtheile ausgetauscht. Die organischen Säuren in den Pflanzen: Oxalsäure, Apfelsäure, Citronensäure etc., pflegte man bisher meist als Zwischenglieder sehen zwischen der Kohlensäure, dem Zucker, Stärkemehl und der Cellulose, welche mäßigen Uebergang der Kohlensäure in einen Pflanzentheil vermitteln. LIEBIG hat gezeigt, daß rückwärts aus Zucker Weinsäure durch Sauerstoffaufnahme gebildet werden kann. Weinsäure und Apfelsäure, die in einander übergeführt werden können, kommen z. B. in reifenden Früchten vor der Zuckerbildung in reichlicher Menge vor. Die Untersuchungen BOUSSINGAULT ergeben, daß unter der Einwirkung des Lichts auf die chlorophyllhaltige Zelle für die in die letztere aufgenommene Kohlensäure (genau?) 1 Volum, d. h. das gleiche Volumen Sauerstoff abgegeben werde. Daraus ist, wie es zunächst scheint, zu schliessen, daß die oben angenommenen, der aus dem Reductionsprocess der  $\text{CO}_2$  und des  $\text{H}_2\text{O}$  in der Pflanze primär gebildete organische Stoff aus jedem Molekül  $\text{CO}_2(\text{H}_2\text{O})$  ein Atom C enthält, die mehr oder weniger direkte Entstehung von Kohlehydraten aus  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  wahrscheinlich würde. Entstünden in der Zelle zunächst organische Säuren von höherem Sauerstoffgehalt wie z. B. Apfelsäure, Weinsäure etc., so müsste, wie HOPPE-SEYLER meint, wenigstens erstens zunächst Fette, so müsste dem Volum nach mehr Sauerstoff abgeschieden als aufgenommen werden. Diese Meinung nimmt aber nicht genügend Rücksicht auf die zahlreich gleichzeitig in der Pflanzenzelle vorgehenden chemischen Processe, welche im — Sinne sich an der Gesamt-Sauerstoffproduction betheiligen. Die letztere, wie sie BOUSSINGAULT quantitativ bestimmte, ist ein höchst zusammengesetztes s. v. v. Compromissresultat, hervorgehend aus den Processen des O-verbrauchenden Pflanzenstoffwechsels und der O-liefernden Pflanzenassimilation (cf. oben). Dabei schreitet in der Pflanzenzelle die Bildung von organischen Säuren, welche weniger O liefert, und die von Fetten etc., welche mehr O liefert, neben der Bildung von Kohlehydraten, das der aufgenommenen  $\text{CO}_2$  gleiche Volum O liefert, einher, und zwar, wie wir wir sehen, in verschiedenen quantitativen Verhältnissen je nach der Lebensperiode und den allgemeinen Lebensbedingungen des vegetabilen Organismus. Die Gleichheit der Volumina der aufgenommenen  $\text{CO}_2$  und des abgegebenen O ist also nur eine zufällige und unter physiologischen Bedingungen schwankende. Eine nähere Analyse des Vorgangs der Zuckerbildung vgl. BAEYER (cf. S. 69). — Für die Erzeugung der Albuminate in den Pflanzen finden wir bei den Nährpflanzen, die am reichsten daran sind, kaum eine stickstoffhaltige Substanz, ausser Ammoniak, an die wir ihre Bildung knüpfen könnten. Sie entstehen vielleicht durch die Vereinigung von Ammoniak mit Zucker und unter Austreten von Wasser und Sauerstoff, indem irgend einer Weise sich Schwefel mit diesem Atomcomplex vereinigt (LIEBIG). Wir setzen an Stelle des Ammoniaks das Asparagin, eine Amidoverbindung der Apfelsäure:

$$\left. \begin{array}{l} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3 \\ \text{H}_2 \\ \text{H}_2 \end{array} \right\} \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}, \text{ zunächst für die Eiweissbildung in keimenden Pflanzen, z. B. in Papilionaceen.}$$

Papilionaceen. Die eingelagerten Reserveeiweissstoffe sollen Asparagin bilden können, dann wieder rückwärts zur Eiweissbildung Verwendung finden. HLASIWETZ und HILF haben die Anwesenheit eines Kohlehydrates in der Zusammensetzung der Eiweissstoffe durch Vergleichung der analogen Zersetzungsprodukte der Eiweissstoffe und Kohlehydrate sichergestellt.

## Die Thierzelle.

Wir sehen das Leben der Pflanze an einen innigen Wechselverkehr mit Atmosphäre und Boden geknüpft; ebenso kann das thierische Leben nicht ohne eine beständige Verbindung mit diesen Agentien bestehen. Der Verkehr der Pflanze und des Thieres mit Luft und Erde erscheinen aber zunächst im innersten Wesen verschieden.

Während die grünen Pflanzenorgane Luftbestandtheile —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  — in sich aufnehmen, um organische, hochzusammengesetzte Stoffe daraus zu bilden, bedarf das Thier der Luft, um die complexen organisch-chemischen Bestandtheile seines Leibes mit Hülfe des Sauerstoffes zu einfacheren Gebilden zu zersetzen. Während die Pflanzen der Luft Kohlensäure entziehen und ihr dafür Sauerstoff zurückgeben, nehmen dagegen die Thiere Sauerstoff aus der Atmosphäre in sich ein, um ihn vorzüglich als Kohlensäure und Wasser wieder auszuscheiden. Der Kohlenstoff dieser Kohlensäure, der Wasserstoff dieses Wassers stammt von den umgesetzten Geweben, deren aus den Pflanzen in der Nahrung aufgenommene Stoffe sich zersetzen unter Mitwirkung des in der Athmung eintretenden Sauerstoffs. In der Pflanze sind die chemischen Verbindungen, welche den Thierkörper zusammensetzen, aus Kohlensäure entstanden, sie sind mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome, in denen Sauerstoff durch andere Elementarstoffe oder deren Verbindungen ausgetauscht wurde. In dem animalen Körper verwandeln sie sich unter Wiederaufnahme von Sauerstoff wieder rückwärts in Kohlensäureatome, in das, was sie ursprünglich waren. Es entstehen endlich wieder die einfachen Nährstoffe der Pflanzenzelle, oder wenigstens Stoffe, welche nach der Trennung vom thierischen Organismus sehr leicht und rasch in jene sich umbilden. Für die grüne Pflanze ist die Luft Hauptnahrungsmittel; für das Thier ist sie Vermittlerin seines Stoffumsatzes, auf welchem alle seine aktiven Lebensthätigkeiten, seine Wärme- und Electricitäts-Produktion, die Möglichkeit seiner mechanischen Kraftleistungen beruht.

Die Haupt-Lebenserscheinungen der chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle (Assimilation) sind geknüpft an einen Austritt von Sauerstoff; die Haupt-Lebenserscheinungen der Thierzelle (äussere mechanische Leistungen) an eine Aufnahme von Sauerstoff.

Bei der grünen Pflanzenzelle führen die Momente, welche der Grund des Sauerstoffaustrittes sind, zu einer Massenzunahme; die Sauerstoffaufnahme der thierischen Zelle verbindet sich mit einer Zersetzung ihrer Stoffe und führt damit im Wesentlichen zu einer Abnahme an organischen Bestandtheilen.

Von einem erwachsenen menschlichen Organismus, von einem Mittelgewicht von etwa 65 kg, werden im Tage 700 bis 1000 Gramm Sauerstoff aufgenommen, die an Körperbestandtheile gebunden den Organismus wieder verlassen. Bedenken wir, dass der menschliche Körper sich zu etwa zwei Dritttheilen aus Wasser (58,5%) und sonstigen anorganischen Stoffen zusammengesetzt zeigt, welche unter den Lebensbedingungen des Organismus eine höhere Oxydation nicht mehr zulassen, so ist es klar, dass der eigentlich organische oxydirbare Theil des Körpers in kürzester Zeit vollständig in Luft aufgelöst wäre, wenn nicht für den beständigen Verlust, den er erleidet, ihm ebenso beständig Ersatz von aussen geboten würde. Wir sehen, dass der thierische Organismus darauf



angewiesen ist, fort und fort Nahrung, aus organischen Stoffen bestehend, sich zuzuführen, durch welche der erlittene Verlust ausgeglichen wird. Dieses Ausgleichen ist unter normalen Verhältnissen so vollständig, dass nach Ablauf eines Jahres der erwachsene Körper kaum eine Gewichtsveränderung erlitten hat.

Obwohl das Thier seinen Körperkohlenstoff in Kohlensäure verwandelt und diese beständig an Stelle des verzehrten Sauerstoffes der Atmosphäre übergibt, nimmt trotzdem der Kohlensäuregehalt der Luft, der auch durch Verbrennung und Verwesung von Pflanzenstoffen, durch vulkanische Ursachen sowie durch die Thätigkeit der chlorophyllfreien Pflanzen und Pflanzenorgane dasselbe Gas fortwährend zuströmt, im Allgemeinen nicht zu, ihr Sauerstoffgehalt nicht ab. Ohne die Pflanzenvegetation wäre dies Gleichbleiben der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft unmöglich. Durch die Thätigkeit der grünen Pflanzen im Lichte wird der Luft wieder die zugeführte Kohlensäure entzogen und dafür Sauerstoff zurückgegeben, so dass, wie gesagt, die Zusammensetzung der Luft, abgesehen von localen Störungen, im Grossen und Ganzen niemals eine erkennbare Veränderung zeigt. Um die 700—1000 Gramm Sauerstoff der Luft zurückzugeben, welche ein Mensch in einem Tage zur Athmung verbraucht, müssen durch Pflanzenvegetation 17—20 kg. Cellulose oder Pflanzenfaser aus Kohlensäure und Wasser gebildet werden.

Alle organischen Stoffe, welche das Thier in sich aufnimmt, stammen aus dem Pflanzenreiche. Auch das fleischfressende Thier bezieht seine Nahrung mittelbar von der Pflanze. Es erhält von dem pflanzenfressenden Thiere, das ihm zur Nahrung dient, seine Körperbestandtheile bereits fertig gebildet, gleichsam in concentrirter Form. Der Pflanzenfresser hat sich die betreffenden Stoffe aus dem Pflanzenreiche angeeignet, zwar ebenfalls schon in einer Form, um sie direct zum Ersatz seines beständigen Stoffverlustes brauchen zu können, aber noch gemischt mit chemischen Verbindungen, welche für ihn theils geringen, theils gar keinen Nahrungswerth besitzen.

So gestaltet sich also die Ernährung der Thiere in wunderbarer Einfachheit. Das Thier erhält in seiner Nahrung die Hauptbestandtheile seines Körpers bereits fertig gebildet; seine Nahrung enthält die Stoffe bereits so zubereitet, dass sie sich direct in seine Organe verwandeln können.

Der animale Organismus ist im Stande, alle seine Bedürfnisse an organischen Nährstoffen auf Kosten des Eiweisses zu befriedigen. Das Eiweiss, die Albuminate, die höchsten Produkte der assimilirenden Thätigkeit der Pflanzenzelle, enthalten alle anderen Stoffgruppen gleichsam implicite in sich. Aus dem Eiweiss können sich die im Thierkörper vorkommenden Kohlehydrate und Fette bilden, es entstehen aus seiner organischen Zersetzung die stickstoffhaltigen Körperstoffe, welche zum Theil noch verwendbare Spannkkräfte für die Kraftzeugung des Thieres enthalten. Alle verbrennlichen Bestandtheile des thierischen Leibes sind bei der alleinigen Ernährung mit Albuminaten als veränderte Eiweissatome zu betrachten, ganz so wie die Bestandtheile der Pflanze veränderte Kohlensäureatome sind.

Bei der gemischten Nahrung der Thiere besteht nur der Unterschied, dass hier neben Albuminaten auch noch die Vorstufen der Bildung desselben in den Pflanzenzellen (Kohlehydrate und Fette etc.) direct aufgenommen werden, die bei Eiweisskost allein aus der Rückbildung der Albuminate entstehen. Wie sie

aber in den Organismus gelangen, ist für ihre Verwendung in demselben gleichgültig.

Das Wasser und die anorganischen Salze, welche sich in den thierischen Organen finden: die phosphorsauren Alkalien und Erden (Kalk und Bittererde), die kohlensauren Erden, Chlorkalium und Chlornatrium, schwefelsaure Alkalien, Eisen und Kieselerde stammen theils auch aus der von den Pflanzen entlehnten Nahrung, in der sie stets vorhanden sind, theils werden sie im Trinkwasser, das sie gelöst enthält, aus dem Boden aufgenommen.

Der Leib der Thiere und des Menschen wird also durch Vermittelung der Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak nebst einigen anorganischen Stoffen der Erdrinde erzeugt; die chemische Grundlage des thierischen Lebens sind die Bestandtheile der Luft und der Erde.

Die Pflanze bildet, wie wir oben sahen, die organischen Stoffe zunächst aus den einfachen Nährstoffen, die ihr Luft und Erde zuführen, durch Austausch der Bestandtheile unter gleichzeitiger Abscheidung von Sauerstoff; in ganz analoger Weise findet unter gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff in dem Thiere umgekehrt die regressive Stoffmetamorphose statt, welche wieder zu den Anfangsgliedern der Stoffbildung in der Pflanze zurückführt.

Man hat, wie gesagt, diesen Process der Abscheidung des Sauerstoffs durch die Pflanzen mit der Bezeichnung *Reduction*, den Vorgang der Sauerstoffaufnahme von Seite der Thiere und die damit verknüpfte Stoffzersetzung mit der Bezeichnung *Oxydation* belegt. Es wäre aber falsch, dabei an eine gewöhnliche Verbrennung zu denken, es ist ein *Dissociationsvorgang* unter Aufnahme von Sauerstoff (cf. Athmung). Der Vorgang der Verbindung des Sauerstoffs mit den verbrennlichen Elementen des thierischen Körpers ist ganz anderer Art und sehr verschieden von den gewöhnlichen Verbrennungsprocessen, nie wird im lebenden Körper Kohlensäure erzeugt durch directe Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff. Denselben oder wenigstens einen analogen Weg, wie ihn die Stoffbildung in der Pflanzenzelle aufwärts macht, durchläuft im Wesentlichen der Vorgang der Stoffzersetzung im Thiere rückwärts, indem sich in beiden Fällen die Bestandtheile gegen einander austauschen.

A. BAEYER gibt eine näher eingehende Hypothese über die Bildung des Zuckers in der Pflanze aus  $\text{CO}_2(\text{H}_2\text{O})$ . Er stützt sich dabei auf die Angabe BULLEROW's, dass bei Behandlung des Formylaldehyds mit Alkalien ein zuckerartiger Körper entstehe. Unter der Einwirkung des Sonnenlichtes und Chlorophylls erleide die Kohlensäure dieselbe Dissociation wie durch hohe Temperaturen, es entstehe unter Abspaltung von O Kohlenoxyd, das sich nun durch Verbindung mit zwei Wasserstoff aus dem Wasser in  $\text{CO} + \text{H}_2 = \text{CH}_2\text{O}$ , d. h. Formylaldehyd, verwandele, der sich dann unter der Einwirkung des Zellenchemismus ebenso in Zucker, resp. einen zuckerähnlichen Körper umwandeln könne, wie durch Alkalien. Andere complicirtere Wege der Zuckerbildung sind dabei vielleicht nicht ausgeschlossen. Unter der Einwirkung von Alkalien entstehen aus Traubenzucker und anderen Kohlehydraten nach

HOPPE-SEYLER Brenzcatechin  $\text{C}_6\text{H}_4 \begin{cases} \text{OH} \\ \text{OH} \end{cases}$  Ameisensäure, Aethylidenmilchsäure, Kohlensäure. Ganz analog ist die Zersetzung der Kohlehydrate durch Einwirkung von Wasser im angeschmolzenen Rohr. HOPPE-SEYLER glaubt annehmen zu dürfen, dass so auch im Thierkörper, vielleicht unter Mitwirkung von Fermenten, die Zersetzung dieser Stoffe vor sich gehe; umgekehrt könnte sich in den Pflanzen vielleicht durch Verbindung derselben Stoffe die Bildung des Zuckers erklären. Für diese Annahme erscheint der Nachweis des Vorkommens von Brenzcatechin in vielen Pflanzen von Wichtigkeit.

In neuerer Zeit wird wieder vielfach darauf hingewiesen, dass die chemischen Lebensvorgänge in der Thier- und Pflanzenzelle sich theilweise an die Gährungserscheinungen anreihen, oder dass sie, wie das LIEBIG constatirte, eine gewisse Aehnlichkeit mit den Pro-

cessen der Fäulniss resp. Verwesung, d. h. Fäulniss bei Anwesenheit von Sauerstoff erkennen lassen. Namentlich hat sich HOPPE-SEYLER in neuerer Zeit mit diesen Vorgängen beschäftigt und theilweise wichtige neue Gesichtspunkte für ihre Auffassung gewonnen. Nach seiner sind vorwiegend an die Anschauungen LIEBIG's anschliessenden Darstellung sind Gährungserreger oder Fermente complicirte organische Stoffe (keine Eiweisskörper), welche, selbst leicht veränderlich und stets mit der Fähigkeit begabt, Wasserstoffhyperoxyd zu zerlegen, im Stande sind, unter Mitwirkung von Wasser in hinreichend verdünnten Lösungen und bei genügender Temperatur (über  $0^{\circ}$ ) andere Stoffe in der Weise zu verwandeln, dass Körper entstehen von zusammen geringerer Verbrennungswärme, als diejenigen Stoffe, aus denen sie gebildet sind. Ihre Wirkung verglich LIEBIG mit der des feinvertheilten Platins auf gewisse anorganische und organische Stoffe und Mischungen. Einen Theil dieser »Fermente« hat man von lebenden Organismen, die sie enthalten, noch nicht zu trennen vermocht, bei der chemischen Zerlegung der letzteren werden sie mit zerstört, ähnlich wie es nicht gelingt, z. B. contractile Substanz aus dem Zellprotoplasma abzuschneiden (HOPPE-SEYLER). Andere Fermente sind in Wasser und anderen Flüssigkeiten, z. B. Glycerin, löslich, lassen sich aber auch in diesen Lösungen nur sehr schwer namentlich von anhaftenden Eiweissstoffen reinigen. Durch höhere Temperaturen werden alle Fermente bei Gegenwart von Wasser schon unter  $400^{\circ}$ , meist schon unter  $60^{\circ}$  zerstört, während sie theilweise ein Erhitzen in vollkommen trockenem Zustande, ohne ihre Wirksamkeit zu verlieren, vertragen, z. B. Emulsin und Pepsin. Man unterscheidet jene Fermente, welche man von den sie erzeugenden Organismen noch nicht zu trennen vermocht hat, als geformte Fermente von den zu trennenden als den ungeformten Fermenten. Letztere wirken in den Verdauungssäften des Menschen und der Thiere, kommen aber auch im Pflanzenreiche weit verbreitet vor. Schwach saure Beschaffenheit der Lösung bedürfen einige Fermente zu ihrer Wirkung (animalisches Pepsin und vegetabilisches Pepsin), für die Wirkung der Diastase ist sie nicht schädlich, die Milchsäuregährung wird durch sie wenig beeinträchtigt, andere Gährungen stört sie vollkommen. Aetzalkalien zerstören alle Fermente, ebenso die Salze schwerer Metalle (Eisen, Zink, Blei, Silber, Quecksilber). Einige Fermente, wie das der Alkoholgährung, werden schon mit dem Tode der Organismen, in welchen sie enthalten sind, zerstört, Behandlung mit Aether, Chloroform macht sie unwirksam.

HOPPE-SEYLER theilt die **Fermentwirkungen** folgendermassen ein:

### I. Umwandlung von Anhydriten in Hydrate.

#### A. Die Fermente wirken wie verdünnte Mineralsäuren in der Siedetemperatur.

1. Uebergang von Amylum und Glycogen in Dextrin und Traubenzucker (Diastase, Ptyalin, diastatisches Pankreasferment).
2. Umwandlung von Rohrzucker in Traubenzucker und Fruchtzucker (Ferment der Bierhefe und vieler höherer Pflanzen).
3. Umwandlung von verschiedenen Benzolglycosiden in Zucker und ein oder mehrere einfachere Benzolderivate (durch Emulsin, z. B. Salicin in Zucker und Saligenin).
4. Spaltung von Schwefelverbindungen in Zucker, Schwefelsäure und ein Senföl (durch Myrosin bei der Entstehung der flüchtigen Cruciferenöle).

#### B. Die Fermente wirken wie Aetzalkalien in höherer Temperatur. Fermentative Vorseifung.

1. Spaltung der Aether, Fette u. dergl. in Alkohol und Säure (Fettsplattendes Ferment des Pankreas und faulende Stoffe, welche z. B. aus den Körperfetten das Leichenwachs, Adipocire, bestehend aus palmitin- und stearinsaurem Kalk, bilden).
2. Zerlegung von Amidverbindungen unter Wasseraufnahme (Fäulnissfermente, z. B. Umwandlung des Harnstoffs in kohlen saures Ammoniak). Hierher scheinen auch die Zersetzungen der Eiweissstoffe und Albuminoide (Glutin, Chondrin etc.) durch Fäulniss allein oder unter Mitwirkung des Pankreasferments zu gehören.

## II. Fermentative Umwandlungen mit Uebergang von Sauerstoff vom Wasserstoff an Kohlenstoffatome.

### 1. Milchsäuregährung.

### 2. Alkoholgährung.

3. Fäulnisprocesse durch Micrococcen und Bacterien etc. Sie werden zerstört durch Erhitzen in Wasser über 53°, am raschesten verlaufen ihre Wirkungen bei Temperaturen zwischen 25—40°. Der Schlamm der städtischen Cloaken scheint die schnellste Fäulnis zu geben. Sie zerlegen unter Mithülfe von Wasser Ameisensäure in Kohlensäure und Wasserstoff; Cellulose in Kohlensäure und Sumpfgas; Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff; Apfelsäure in Kohlensäure und Milchsäure, welche dann weiter zerlegt wird. Glycerin mit faulendem Fibrin liefert bei Abschluss der Luft Buttersäure, Buttersäure, Bernsteinsäure, Kohlensäure, Wasserstoff. Die Eiweissstoffe werden durch Fäulnisfermente auch zerlegt. Aus unlöslichen Eiweissstoffen, z. B. Fibrin, bildet sich zunächst eine dem Myosin ähnliche, im Wasser sich lösende Globulinsubstanz neben einem anderen Eiweisskörper, dann Pepton, daraus Ammoniak, Kohlensäure, Leucin, Tyrosin, Indol, Buttersäure, kein Wasserstoff.

Verwesung = Fäulnis bei reichlicher Anwesenheit von Sauerstoff.

Bei einer grossen Anzahl dieser Zerlegungen durch Fäulnisfermente wird Wasserstoff frei, welcher bei ungenügender Gegenwart von Sauerstoff sich auf Kosten der übrigen entstehenden Substanzen oxydirt, d. h. Reduction eines Theils der vorhandenen Stoffe bewirkt, wofür die angeführten Zersetzungen Beispiele ergeben. Ist genügend Sauerstoff vorhanden, so finden keine Reductionen statt, sondern der freiwerdende Wasserstoff verbindet sich mit dem Luftsauerstoff zu Wasser unter Wärmeentwicklung und Ozonbildung. In ganz analoger Weise verlaufen nach HOPPE-SEYLER u. A. die chemischen Vorgänge im lebenden Protoplasma. (s. auch unten Fermente.)

## Bestandtheile des Thierkörpers.

### Albuminstoffe.

Im abgestorbenen Protoplasma, wie es der chemischen Analyse unterworfen wird, bilden im Wasser gelöste oder gequollene Eiweissstoffe, Albuminate, die Hauptmasse der charakteristischen Bestandtheile. Ihre ausschlaggebende Bedeutung für das Leben wollte MULDER mit dem Namen Proteinstoffe charakterisiren, d. h. Stoffe, welche den ersten Platz einnehmen von *πρωτεῖν*. Wie sich die Albuminate im lebenden Protoplasma verhalten, ist durch die bisherigen Untersuchungen noch keineswegs vollkommen aufgeheilt. Nur das steht fest, dass sich die »reinen Eiweissstoffe«, wie sie die physiologische Chemie kennt, durch mehr oder minder eingreifende chemische und physikalische Umwandlungen, welche sie erlitten haben, unterscheiden von den »wahren Proteinsubstanzen«, welche der »lebende Stoff« in der Zelle sind. Doch kennen wir einige hierher zu rechnende Stoffe, welche uns immerhin Fingerzeige geben, wie wir uns vielleicht das Verhalten der »Proteinsubstanzen« im lebenden Protoplasma vorzustellen haben. Der animale Organismus verwandelt bei der Verdauung die ihm in irgend einer Form: gelöst, gequollen oder fest übergebenen verschiedenartigen Albuminate zunächst in ein und denselben durch sein chemisches Verhalten wohlcharakterisirten Eiweissstoff: Albuminpepton. Durch den Vorgang der Eiweissverdauung, d. h. Peptonbildung, in den Eingeweiden werden die verschiedenen Eiweissstoffe befähigt, als Flüssigkeiten in die Säfte- und Organmasse des Körpers einzutreten und hier an den chemischen Vorgängen des Lebens theilzunehmen. Hierbei erlangen sie durch grösstentheils noch unaufgehellte Processe die verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften, mit welchen sie uns im Organismus entgegentreten. Der Nachweis der Verdauungsfermente in den Organen lehrte uns aber, dass neben der visceralen Verdauung auch eine Organverdauung besteht, dass

ganz analoge Veränderungen, wie sie die Bewegung der Albuminate bei der Nahrungsaufnahme des Gesamtorganismus vom Pflanzenreich in die animalen Körper vermittelt, auch den Bewegungen der Eiweissstoffe im Organ selbst von Zelle zu Zelle vorstehen. Für die animale Zelle ist daher das **Albuminpepton** der erste und wichtigste Eiweissstoff, weilsich aus ihm alle anderen animalen Albuminate bilden. ADAMKIEWICZ erklärt in diesem Sinn das Pepton für den allgemeinen Bildungstoff der Gewebe.

Einen zweiten Fingerzeig zur Beurtheilung des Verhaltens der Albuminate im lebenden Protoplasma gibt uns das **Hämoglobin**, der rothe Blutfarbestoff, auf dessen Anwesenheit und Wirkung im höheren animalen Organismus die wichtigsten Lebensfunktionen, Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff, basiren. Das Hämoglobin ist eine chemische Verbindung eines Albuminats mit einem oder mehreren anderen organischen Stoffen, es liefert bei seiner Zersetzung Albuminat (cf. unten Chemie des Blutes). Im lebenden Organismus sind vielleicht die Mehrzahl aller primär aus dem Albuminpepton hervorgegangenen Albuminate chemische Verbindungen theils mit anorganischen Salzen, theils mit organischen Stoffen, unter welchen phosphorhaltige Substanzen, wie **Lecithin**, eine wichtige Rolle zu spielen scheinen. Das verschiedene chemische Verhalten der durch verschiedenartige Zersetzung des Protoplasmas und der animalen Flüssigkeiten im Laboratorium hergestellten Albuminate bezieht sich, wie es scheint, nicht zum geringen Theil auf »chemische Verunreinigungen« dieser Stoffe (z. Thl. durch Salze etc.), mit anderen Worten darauf, dass hier die Trennung und Zerlegung der Albuminatverbindungen, wie sie im lebenden Organismus bestanden, nur eine mehr oder weniger unvollkommene ist. AL. SCHMIDT will, was anderen Forschern bisher noch nicht zu bestätigen gelungen ist, Albuminate mittelst Diffusion durch eine gewisse Sorte von Pergamentpapier vollkommen aschefrei erhalten haben, mit abweichenden Eigenschaften von der Mehrzahl der übrigen bekannten Eiweissstoffe. Die physiologische Bedeutung der unten aufgeführten Albuminatmodifikationen ist daher theilweise eine in gewissem Sinne beschränkte, bei deren Beurtheilung wir die oben gegebenen Gesichtspunkte nicht aus den Augen verlieren dürfen.

Die Versuche einer Classificirung der verschiedenen Eiweissstoffe sind bisher noch wenig von Erfolg gekrönt gewesen. Des meisten Beifalls hat sich bei den Physiologen die Eintheilung HOPPE-SEYLER's zu erfreuen, dessen Synopsis der hauptsächlichsten Albuminstoffe wir im Folgenden etwas verkürzt geben.

#### 1. Gelöste Albuminstoffe.

##### A. In Wasser lösliche Eiweissstoffe.

- I. 1. Pepton, durch Säuren, Alkalien und Erhitzen nicht fällbar.
- II. Albumine, durch sehr verdünnte Säuren, kohlensaure Alkalien und Kochsalz nicht fällbar, fällbar durch Erhitzen:
2. Serumalbumin. 3. Eialbumin.

##### B. In Wasser unlösliche Eiweissstoffe.

- a. löslich in verdünnter Chlornatriumlösung:
- III. Globuline: beim Erhitzen der Lösung coagulirend, verdünnte Salzsäure löst sie zu Syntonin:
4. Vitellin. 5. Myosin. 6. Serumglobulin.
- b. unlöslich in Chlornatriumlösung:
- IV. Albuminate, leicht löslich in sehr verdünnter Salzsäure, sowie in kohlensaurem Alkali.
- α. durch Kochen und Neutralisiren der Lösung, bei Gegenwart von phosphorsaurem Alkali nicht fällbar:
7. Casein. 8. Alkalialbuminat.
- β. durch Neutralisirung der Lösung nicht fällbar:
9. Syntonin, Acidalbumin.



2. *Ungelöste Albuminstoffe,*

löslich in Wasser:

V. 10. Fibrin, in Salzlösungen (Chlornatrium) wie verdünnten Säuren quellend:

VI. unter den obigen (V.) Umständen nicht quellend:

11. Coagulirte Albuminstoffe, durch Magensaft verdaulich, durch Jod gelb gefärbt.

12. Amyloid, durch Magensaft nicht verdaulich, durch Jod violett oder braunroth gefärbt.

Wir schliessen hier noch eine etwas nähere Charakteristik der Albuminstoffe, vorzüglich nach GORUP-BESANEZ, an.

**I. Peptone. Albumin-Pepton.** Eine der wichtigsten Eigenschaften der Organ-Albuminate für den Organismus ist die, dass sie mit Wasser schwer diffundirbare Lösungen bilden, sie sind Colloidsubstanzen (GRAHAM), welchen die Fähigkeit, auch wenn sie, meist mit Hilfe von Salzen, eine Lösung darstellen, durch endosmotischen Verkehr Membranen zu durchdringen nur in geringem Grade zukommt. Sie ertheilen dadurch dem Protoplasma der Zellen die Fähigkeit, sich verhältnissmässig selbständig gegen wässrige Lösungsmittel zu halten. Diese geringe Diffusionsfähigkeit beschränkt aber auch die Fähigkeit der Eiweissstoffe zur Ernährung, die z. Thl. endosmotische Durchdringung der zu ernährenden Organe aussetzt. Durch die Eiweiss-Verdauung wird den gelösten Albuminaten die Fähigkeit zur Diffusion ertheilt und auch in festem Zustand aufgenommene Albuminate in verhältnissmässig leicht diffundirende Lösungen verwandelt (cf. Fermente). Das hierbei entstehende, leicht diffundirende Albuminat hat den Namen *Pepton* erhalten. Es findet sich vorwiegend im Magen- und Dünndarm-Inhalt während der Verdauung. Es ist getrocknet ein amorpher, weisser, geruchloser Körper, welcher mit geringen, noch nicht sicher constatirten Schwankungen in der Zusammensetzung und den Eigenschaften (MEISSNER's a-, b- und c-Pepton, BRÜCKE's Alcophyr und Hydrophyr etc.) mit den Albuminaten in der procentischen Zusammensetzung identisch ist (TRIBY, R. MALY, ADAMKIEWICZ, R. HERTH). Im Organismus entstehen aus den Peptonen die verschiedenen Organ-Albuminate. (R. MALY, P. PLOSZ, ADAMKIEWICZ.) MALY hält die Peptone für Hydrate der Albuminstoffe. Ihre Lösungen lenken den polarisirten Lichtstrahl stark nach rechts. Setzen wir den Diffusionswiderstand durch Membranen des gelösten Albumins = 100, so beträgt der des Peptons nur 7—10 (FUNKE). Eine zweite Haupteigenschaft der Peptone ist die, dass sie die Eigenschaft der Fällbarkeit unter vielen im Organismus gegebenen Bedingungen nicht zeigen. Die Peptone werden nicht gefällt, wodurch sie sich von anderen Albuminaten unterscheiden: durch Kochen, durch verdünnte Mineralsäuren, durch Essigsäure, durch Essigsäure und Neutralsalze, durch schwefelsaures Kupferoxyd, durch Eisenchlorid und Ferrocyankalium. Alkohol erzeugt in concentrirten, neutralen Lösungen flockigen Niederschlag, der in verdünntem Weingeist löslich ist. Gerbsäure, Chlor und Jod, Quecksilberchlorid, Bleiessig, Ammoniak, in saurer Lösung glyco- und taurocholsaures Natron fällen die Peptone wie andere Albuminate. Als charakteristische, den Albuminaten im Allgemeinen angehörige Reaktionen sind noch zu nennen: 1) Mit salpetersaurem Quecksilberoxyd und etwas salpetriger Säure erwärmt, färben sie sich schon bei 60°—100° C. roth (MILLON's Reaction). Diese Reaction ist identisch mit der auf Tyrosin, das als Zersetzungsprodukt der Albuminate auftritt. 2) Mit Salpetersäure färben sich die Peptone wie die Albuminate gelb (Xanthoproteinreaction), Alkalien verwandeln diese Färbung in eine rothe. 3) Mit sehr verdünnter Kupfervitriollösung und Kali geben sie eine blau-violette Färbung. — Ein bei der Magenverdauung gebildetes Zwischenprodukt: Parapepton (MEISSNER) ist wahrscheinlich identisch mit dem Typtonin (cf. dieses). Die Peptone entstehen auch durch Einwirkung von Säuren (v. WITTICH), und Aetzalkalien, durch fortgesetztes Kochen oder Kochen bei erhöhtem Druck, auch bei der Einwirkung von Ozon auf Albuminate (VON GORUP-BESANEZ).

Bei der Verdauung wird der Leim in ein »Leimpepton« umgewandelt, das sich von

den dem Mangel des Gährungsvermögens unterscheidet und auch langsamere Gährung entsteht. Wie letztere, zieht der saure Magensaft aus den leimartigen Geweben Leim und Chondrin aus, und zwar rascher als die Säure aus Mucin hat man ein leicht diffundirbares Mucinpepton dargestellt durch, was aber noch nicht erwiesen ist, dass es auch bei der Verdauung entsteht, wurde im Körper in Ovarialcysten nachgewiesen v. GORUP-BESANZ. Cf. Magenverd.

Die Albuminstoffe lenken in wässriger Lösung alle den polarisirten Lichtstrahl nach ab. Durch trockene Destillation, oxydirende Agentien, Säuren und Alkalien, Fäulnis, Pankreas-Verdauung entstehen aus ihnen eine Menge von Zersetzungsprodukten, d. Aminosäuren und Essigsäure, Benzoesäure, Bittermandelöl und zwei krystallisirte stickstoffverbindungen: Leucin und Tyrosin u. a. m. Harnstoff findet sich unter ihren künftigen Zersetzungsprodukten nicht. Sie geben die Millon'sche und die Xanthoproteinreaktion auch in kautischen Alkalien gelöst mit kupfervitriollösung violett (cf. Peptone), ebenso Auflösung in Eisessig durch Schwefelsäure auch noch in sehr geringen Mengen. Alkalische Reagentien sind brauchbar vor allem 1 Jodlösung, welche 2 der kalte die festen Eiweissstoffe, Zellen etc. intensiv gelbbraun färbt. 3 Mit Zinn- und schwefelsäure färben sich feste Albuminate purpurviolett; 4 mit molybdäurehaltiger Schwefelsäure färben sie sich schön dunkelblau Frobenius. Ihre Zusammensetzung schwankt nicht unbeträchtlich Hoppe-Seyler

C 52,7—54,30 %

H 6,9—7,3 %

N 15,4—16,5 %

O 20,9—23,3 %

S 0,8—2,0 %

**II. Albumine.** a Serumalbumin, einer der verbreitetsten Stoffe im Thierorganismus in Blut, Chylus, Lymphe, Colostrum, Milch, in allen serösen Flüssigkeiten, in den Lebern des Fleisches und Zellgewebes, den GRAAF'schen Bläschen, Amnionflüssigkeit etc. logisch in Transsudaten, Eiter, Harn. Der Nachweis vergleiche bei Harn geschw. Kochen in schwachsauren Lösungen oder durch Fällung mit Salpetersäure, wobei Eiweiss in weissen Flocken ausscheidet durch Kohlensäure und Essigsäure ist es im dünnen Blut nicht fällbar Nach EICHWALD jun. wäre das gelöste Serumalbumin eine Verbindung von Albumin und Kochsalz



**LEBER.** Die Eiweissstoffe liefern, wie uns Syntonin und Casein lehren, Verbindungen sowohl mit Säuren als Alkalien, von denen die ersteren (Säurealbuminate, Syntonin) durch verdünnte Alkalien resp. Neutralisiren), die letzteren (Alkalialbuminate, Casein) durch verdünnte Säuren gefällt werden können. Die alkalische Milch gerinnt beim Kochen nicht, sie thut das erst, wenn sie spontan oder durch Säurezusatz (Milchsäure, Essigsäure) schwach sauer geworden ist. Bei dem Kochen an der Luft bildet Milch eine Haut von unlöslich gewordenem Casein. Milch mit frischem (oder getrocknetem) Kälberlabmagen bei 40° digerirt scheidet alles Casein aus, wahrscheinlich durch Milchsäurebildung aus Milchzucker (Ferment?).

**Syntonin**, Säurealbuminat, Acidalbuminat (PANKUM), wohl identisch mit dem Parapepton MEISSNER'S. Es entsteht aus allen Albuminaten unter Salzsäureeinwirkung. Es ist in verdünnten Alkalien und in 1 pro mille Salzsäure (cf. Magensaft) leicht löslich und fällt aus beiden Lösungen bei dem vorsichtigen Neutralisiren heraus, genau wie das Neutralisationspräcipitat, **Parapepton**, bei der Magenverdauung. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd nicht. Das Syntonin ist der hauptsächlichste Eiweisskörper in dem Infusum carnis frigide paratum s. LIEBIG (cf. Nahrungsmittel). Es wird durch concentrirtere Kochsalzlösungen gefällt. Je nach der bei der Behandlung mit Aetzbaryt abgegebenen Stickstoffmenge unterscheidet O. NASSE mehrere Arten von Syntonin, A- und B-Syntonin. EICHWALD findet, dass durch Wasser allein Albumin und Albuminate in Syntonin umgewandelt werden können. Syntonin gehört nach HOPPE-SEYLER nicht zu den Globulinen.

**F. Globuline.** — **Myosin** (KÜHNE) scheidet sich aus dem Muskelplasma bei dem Absterben desselben durch Zusatz sehr verdünnter Säuren als gallertiges Gerinnsel ab. Auch im Eiter, im Axencylinder der Nerven und im Protoplasma der Zellen ist Myosin enthalten. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd wie Fibrin. Durch seine Ausscheidung beim Absterben der Muskeln und Zellen, wobei durch Fleischmilchsäure der Muskelsaft und Zellsaft sauer wird, wird das Gewebe selbst starr. In schwachen Säuren und Alkalien löst sich das Myosin, auch in verdünnten Kochsalzlösungen; concentrirte (10—20%) fällen es. Aus den Lösungen von Myosin in verdünnten Säuren entsteht

**Serumglobulin.** (Paraglobulin. Fibrinogene und fibrinoplastische Substanz. Krystallin, Globulin.) Wenig von einander verschieden, ihre procentische Zusammensetzung: C 54,5; H 6,9; N 16,5; O 11,1; O 10,9. Paraglobuline (Globuline) finden sich als wesentliche Bestandtheile des Bluts, im Serum und in den Blutkörperchen, Chylus, Eiter, in serösen Transsudaten meist nur spurweise, dann in der Krystalllinse (Krystallin). Darstellung: Wird Paraglobulinlösung, z. B. Blutserum, stark mit Wasser verdünnt und Kohlensäure eingeleitet, so entsteht Trübung und beim Stehen flockiger Niederschlag, den man mit kohlensäurehaltigem Wasser auf dem Filter auswaschen kann. Es löst sich ziemlich vollständig wieder beim Schütteln mit Wasser und Luft. Das sonstige chemische Verhalten der Globuline ist fast ganz das des Albumins. Charakteristisch ist das Verhalten gegen Flüssigkeiten, welche keine fibrinoplastische, sondern nur fibrogene Substanz enthalten, wie die Mehrzahl der pathologischen Transsudate. Setzt man zu diesen Transsudaten Lösung von fibrinoplastischer Substanz (z. B. Blut), so erfolgt meist sofort Gerinnung, Ausscheidung von Fibrin. Darauf beruht nach A. SCHMIDT (unter Mitwirkung eines Ferments) die Fibringerinnung der Transsudate im lebenden Körper bei Bluttritt, z. B. nach Punktion. **Fibrinogen**, Metaglobulin, findet sich im Blutplasma im Chylus und in serösen Transsudaten, in seinem Verhalten stimmt es fast ganz mit dem Paraglobulin überein. Es zersetzt Wasserstoffsuperoxyd lebhaft. Setzt man aber zu einer Fibrinogen (und Fibrinogenferment) enthaltenden Flüssigkeit fibrinoplastische Substanz, so erfolgt eine Gerinnung von Fibrin cf. Fibrin.

Das **Vitellin** liefert nach HOPPE-SEYLER'S älterer Vermuthung bei seiner Zersetzung Eiweiss und Lecithin, neuerdings hält er das Lecithin für eine »Verunreinigung« des Vitellins. Das Vitellin wird durch gesättigte Chlornatriumlösung nicht gefällt. Es ist Bestandtheil des Eiers; krystallisirbar. Analoge Stoffe in verschiedenen Eiern werden als Ichthin, Ichthidin und Emydin bezeichnet (cf. Chemie des Eies). Die sogenannten **Aleuronkrystalle**,

die Proteinkörner der Paranüsse bestehen aus einer Verbindung von Vitellin mit Alkali und alkalischen Erden. O. SCHMIEBERG stellte die analoge, schön krystallisirende Magnesiumverbindung dieses Pflanzen-Vitellins dar, welches hierbei die Rolle einer sehr schwachen Säure spielt.

In degenerirten Lebern (Wachsleber) und Milzen (Speckmilz) fand VIRCHOW einen eigenthümlichen Eiweisskörper: Amyloid, der seinen Namen daher hat, dass er einige Ähnlichkeit in den Reaktionen mit Amylum zeigt, er färbt sich mit Jodtinktur roth-violett. Er fand sich ausser in den genannten Drüsen hier und da auch im Gehirn, im Ependyma ventriculorum, Rückenmark, Ganglion Gasseri, dem atrophirten Nervus opticus. MODRZEJEWSKI erhielt daraus wie aus allen anderen Eiweisskörpern bei Einwirkung von Schwefelsäure Leucin und Tyrosin.

### Albuminsynthese.

Es wurde oben erwähnt, dass man dem animalen Organismus, wie dem der Pflanzen auch eine Fähigkeit der Assimilation, d. h. der Bildung höher zusammengesetzter chemischer Stoffe aus einfacheren zuschreibt. Ein Beispiel der Synthese ist die Verbindung der Benzoesäure mit Glycin zu Hippursäure. Das Haemoglobin, der normale Blutfarbstoff, ist ein synthetisches Produkt der animalen Zelle, da es bei seiner Spaltung neben anderen Stoffen Albuminat liefert.

Das Haemoglobin, Haemoglobulin oder Haematoglobulin und Oxyhaemoglobin: C 54,00 H 7,25; N 16,25; F 0,42; S 0,63; O 21,45. (In dem Oxyhaemoglobin aus dem Blute der Gase fand HOPPE-SEYLER 0,77 Phosphorsäure.) Das Haemoglobin verschiedener Blutarten hält HOPPE-SEYLER für chemisch verschieden. Von den Albuminaten unterscheidet sich das Oxyhaemoglobin durch seinen Eisengehalt und durch seine Krystallisirbarkeit. Es ist von der grössten Wichtigkeit für die Respiration. Durch Hitze, Alkohol, Alkalien, Säuren, auch die schwächsten, selbst durch Kohlensäure bei Gegenwart von viel Wasser, zerfällt es zu einem in mancher Hinsicht den Globulinen nahestehenden, aber in sauerstoffhaltigem Wasser unlöslichen Albuminat, neben welchem zugleich ein eisenhaltiger Farbstoff, Haematin entsteht, und in geringer Menge Ameisensäure und Buttersäure. Durch schwefelsäurehaltigen oder kalihaltigen Alkohol zerfällt das Haemoglobin zunächst in einen Eiweissstoff und in einen purpurrothen Farbstoff: Haemochromogen, der bei Anwesenheit von Sauerstoff sofort in Haematin übergeht (HOPPE-SEYLER). Die Verbindung des Haemoglobins mit Gasen, seine optischen und näheren chemischen Eigenschaften cf. bei Blut.

Ein Produkt der Albuminsynthese ist auch das Mucin, Schleimstoff; es wird beim Kochen mit verdünnten Säuren in Acidalbumin, Traubenzucker und unbekannte andere Stoffe gespalten (EICHWALD). Man gab ihm die procentische Zusammensetzung: C 52,2; H 7,0 N 12,6; O 28,2. Es findet sich im Secret der Schleimhäute und im foetalen Bindegewebe (ROLLET). Es verleiht den Flüssigkeiten, in denen es auch nur in geringer Menge aufgelöst ist, eine zähe, klebrige, fadenziehende Consistenz. Nachweis: Es wird durch Essigsäure gefällt, es bildet dabei starke flockige Trübung und Ausscheidung, im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslich. Dagegen löst sich der Niederschlag durch Salpetersäure in einem Ueberschuss derselben leicht und vollständig schon in der Kälte. Ebenso verhält sich Mucin gegenüber Salzsäure, Schwefelsäure, dreibasischer Phosphorsäure. Kochen bewirkt weder Coagulation noch Trübung. Mucin ist als solches eine colloide Substanz, d. h. es ist unfähig zur Diffusion. Durch andauerndes Kochen einer alkalischen Lösung von Weinbergschnecken schleim konnte EICHWALD sein sogenanntes Schleimpepton darstellen, das mit Essigsäure keinen Niederschlag mehr gibt, aber durch Alkohol gefällt wird und in wässriger Lösung leicht diffundirt. Ob ein derartiges Schleimpepton auch bei der Verdauung entsteht, wodurch der Schleim resorbirbar würde, ist nicht nachgewiesen.

## Produkte der regressiven Metamorphose des Albumins.

### I. Albuminoide.

Durch die ersten Vorgänge der rückschreitenden Metamorphose entstehen aus den Albuminaten die sogenannten Albuminoide, die den Eiweisskörpern in ihrer Zusammensetzung noch nahe stehen, einige enthalten keinen Schwefel. Sie sind Colloidsubstanzen, d. h. unkrystallisierbar und (abgesehen von eingreifenden Umänderungen, z. B. in der Verdauung) unfähig wahre Lösungen zu bilden. Durch Zersetzung liefern die folgenden, wie die Albuminate, Tyrosin, meist auch Leucin in reichlicher Menge.

**Hornstoff, Keratin.** Aus ihm bestehen die Horngewebe: Epidermisschüppchen der Oberhaut, Nägel, Haare, Hörner, Federn. Die Epidermis besteht in 100 Theilen aus: C 50,28; H 6,76; N 17,24; O 25,04; S 0,74. Sehr ähnlich ist die Zusammensetzung der übrigen Horngewebe. Keratin ist nur in heissen Alkalien löslich, es liefert bei seiner Zersetzung Leucin und Tyrosin.

**Die leimgebende Substanz, Collagen,** wird durch Kochen in Leim, Glutin, verwandelt, der sich in kochendem Wasser schleimig löst, in kaltem aber zu einer Gallerte geseht. Der leimgebende Stoff findet sich als Zwischenzellenmaterie des meisten Bindegewebes. Der Knochenleim besteht in 100 Theilen aus: C 30,40; H 6,64; N 18,34; S 0,36; O 24,08 (MULDER). Man erhält ihn durch längeres Kochen der Knochen, Sehnen, des lockigen Bindegewebes, Hirschhorns, Kalbsfüsse, Fischechuppen, Leder etc. mit Wasser. SCHERER fand in leukämischem Blute einen Stoff, der sich dem Glutin sehr ähnlich verhielt. Schwefelsäure und kausische Alkalien zersetzt das Glutin unter Bildung von Leucin, Glycin (Glycocol = Leimzucker) und Ammoniak. Die wässerige Lösung dreht den polarisirten Lichtstrahl nach links. Alkohol und Gerbsäure schlagen den Leim nieder. Um Leim nachzuweisen, kocht man die zerkleinerte Masse 6—12 Stunden unter Erneuerung des verdampfenden Wassers, die Lösung wird heiss filtrirt und im Wasserbad genügend concentrirt, beim Erkalten geseht der Rest der Flüssigkeit gallertig, wenn sich Leim gebildet hat, das einzig sichere Erkennungszeichen des Leims. Der Leim hat in wässriger Lösung nicht die Fähigkeit zu diffundiren. Durch die Verdauung im Magen und Darm wird er jedoch in eine diffundirbare Lösung verwandelt, welcher auch die Fähigkeit zur Gerinnung mangelt: Leimpepton. Aus den leimgebenden und chondringebenden Geweben entsteht im Organismus durch Schwefelverlust das ganz unlösliche, schwefelfreie Elastin, welches bei seiner Zersetzung viel Leucin und wenig Glycin gibt.

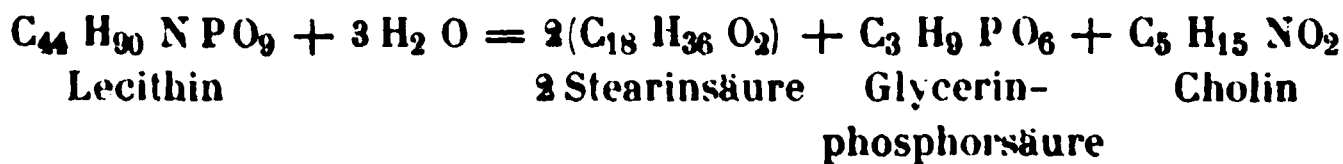
**Die chondrigene Substanz** schliesst sich an die leimgebende an. Die permanenten Knorpel, die Hornhaut, der embryonale Knorpel, die Enchondrome liefern beim Kochen eine leimähnliche Substanz, die wie Glutin in heissem Wasser sich löst, in kaltem gallertig gerinnt: Knorpelleim, Chondrin. Es ist in 100 Theilen zusammengesetzt aus: C 47,74; H 6,76; N 13,87; S 0,60; O 31,04 (v. MEHRING). Nachweis: Von dem Leim, Glutin, unterscheidet sich der Knorpelleim vor allem durch seine Unfällbarkeit durch Gerbsäure, die in seinen Lösungen nur eine schwache Opalescenz hervorruft, dagegen wird letzterer von Essigsäure lebend niedergeschlagen, was bei Leim, der von keiner Säure ausser Gerbsäure gefällt wird, nicht der Fall ist. Bei der Zersetzung (auch durch Magensaft) liefert er Leucin und anstatt des Leimzuckers (Glycin) eine wahre gährungsfähige Zuckerart: (Chondroglycose) Traubenzucker. Diese Bildung von Zucker aus einem nächsten Abkömmling der Albuminate ist von grösster Wichtigkeit für unsere Auffassung der Umsatzvorgänge bei der Eiweisszersetzung. Ein mögliches Zersetzungsprodukt der Albuminate ist also sicher Zucker. Man kann den Knorpelleim als ein stickstoffhaltiges Glucosid, d. h. eine gepaarte Zuckerverbindung, bezeichnen.

Das Chitin aus dem Häutskelet etc. der Artikulaten und das Hyalin (= Chitin?) aus den Lacinococcus-Blasen sind ebenfalls stickstoffhaltige Glucoside wie das Chondrin. Die Zusammensetzung des Chitins ist: C 46,32; H 6,40; N 6,14; O 41,14. Durch Kochen mit Schwefelsäure liefert es Traubenzucker und Ammoniak.

Die Reihe der aufgeführten Stoffe zeigt uns, dass aus dem Eiweiss durch rückschreitende Metamorphose gepaarte Zuckerverbindungen hervorgehen können, die neben wahren Zucker Traubenzucker, verschiedene stickstoffhaltige Paarlinge: Leucin, Tyrosin, Ammoniak u. a. enthalten. Es gestattet uns diese Zersetzung der Albuminate vielleicht einen Schluss auf ihre mögliche Constitution. Als ein schwefelhaltiges Spaltprodukt des Albumins werden wir noch das Taurin kennen lernen. Die nahe Verwandtschaft und die leichte Ueberführbarkeit des Zuckers in Fette in der Pflanzenzelle auch ohne Einwirkung des Chlorophylls ist oben besprochen worden. Unzweifelhaft sehen wir Zucker und zuckerbildende Stoffe (Glycogen) unter den Produkten der regressiven Eiweissmetamorphose auftreten. Sehr wahrscheinlich ist auch die Bildung von Fettsäure aus Albuminaten, und KÜHNE macht darauf aufmerksam, dass das Glycogen der Leber eine Zwischenstufe zwischen Zucker und Fetten resp. Fettsäuren darstellen könnte. Dass das Glycogen der Leber durch Genuss von Kohlehydraten gesteigert werden kann, ist mit Rücksicht auf die Entstehung des Fettes bei der Mästung zu beachten. Mit Rücksicht auf die Streitfrage, ob Fett bei der Mästung aus Kohlehydraten gebildet werden könne (LIEBIG), oder ob es nur aus der directen Zufuhr von Fetten (resp. Fettsäuren, eine Möglichkeit, welche KÜHNE durch die gelungene Mästung eines Hundes mit Seife bewiesen hat) und durch Zersetzung von Albuminaten (VOIR u. A.) entstehen könne, ist der Ausspruch KÜHNE's zu beherzigen: »Seit das Glycogen als Erzeugniss des Thierkörpers entdeckt ist, und seit man weiss, dass diese den Kohlehydraten zugehörige Substanz in der Leber gebildet wird, selbst wenn den Thieren in der Nahrung keine Spur von Kohlehydraten, sondern nur Eiweiss gereicht wird, fällt die Frage über die Fettbildung aus Eiweiss fast mit der über Fettentstehung aus Zucker zusammen. Jedenfalls fehlen noch die Grundlagen, um die Frage definitiv zu entscheiden, was nur auf chemischem Wege, aber kaum durch Fütterungsversuche gelingen kann, deren Resultat sich aus zu vielen uncontrolirbaren Faktoren zusammensetzt.

**Cerebrin:**  $C_{17} H_{33} N O_3$ . Weisses, trockenes, im Wasser quellendes Pulver, aus dem Gehirn von W. MÜLLER in reichlicher Menge dargestellt. Es wurde als ein »Hauptbestandtheil« im Gehirn, Nervenmark, dann in den Eiterzellen nachgewiesen, seine Anwesenheit im Eidotte wurde von GOBLEY behauptet. Es ist ein Glycosid, längere Zeit mit Säuren gekocht, spaltet es sich in eine linksdrehende, nicht gährungsfähige Zuckerart. Gemengt oder verbunden (?) mit Lecithin, ist das Cerebrin das Protagon LIEBREICH's, für welches dieser als Formel berechnet:  $C_{116} H_{241} N_4 P O_{22}$ .

Wir reihen hier den neben den Albuminaten wichtigsten Bestandtheil des Protoplasmas aller entwicklungsfähigen Zellen im Thier- und Pflanzenreiche, das N- und P-haltige Lecithin resp. die Lecithine (GOBLEY, DIACONOW) und deren Zersetzungsprodukte an. Die Lecithine sind schwer krystallisirende, wachsartige, sehr hygroskopische Stoffe, sie quellen im Wasser zu schleimiger Consistenz auf und lösen sich leicht in Alkohol, Aether, Oelen und Chloroform. Durch Kochen mit Barytwasser und Fäulniss liefern die Lecithine unter Aufnahme von  $3 H_2$  Cholin, Stearinsäure (resp. Palmitinsäure oder Oelsäure) und Glycerinphosphorsäure:



Nach DIACONOW ist das Lecithin: distearyl-glycerinphosphorsaures Cholinsalz. Da sie statt des Stearinsäurerestes im Lecithin auch der Rest der Palmitinsäure oder Oelsäure finden kann, so hat man wenigstens drei einander sehr nahe stehende Lecithine zu unterscheiden. Das Lecithin findet sich im Thierreiche reichlich im Gehirn und Nervenmark, im Eidotte auch in dem der Fische, dem Sperma namentlich der Fische, dann wird seine Anwesenheit behauptet in der Milch, im Blut, in den electrischen Organen des Torpedo, im Eite in der Galle; im Pflanzenreiche: in Pflanzensamen, Sporen, Knospen und jungen Trieben im Frühling. In der Hefe und in Pilzen, wo es HOPPE-SEYLER ebenfalls angibt, konnte es O. L.

nicht auffinden. Die Lecithine stehen in ihrer Constitution den Fetten sehr nahe und könnten wohl eine Stufe für deren Bildung sein (ERLENMEYER, HOPPE-SEYLER).

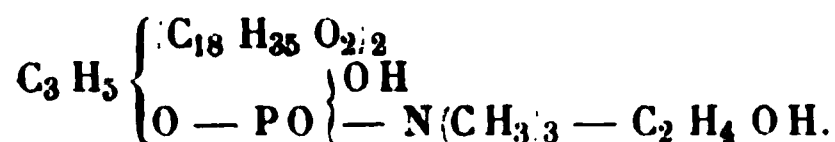
**Cholin, Neurin:**  $C_5H_{15}NO_2$ . Es ist ein basischer Körper, welcher aus Eidotter, Gehirn, Galle, auch aus Pflanzentheilen dargestellt wurde als Zersetzungsprodukt des Lecithins. Das Cholin kann künstlich dargestellt werden durch Erhitzen concentrirter wässeriger Lösungen von Trimethylamin:  $N(CH_3)_3$  und Aethylenoxyd:  $C_2H_4O$ . Seine Formel ist:



**Glyceriaphosphorsäure:** Eine zweibasische Aethersäure, welche künstlich durch Vermischen von Glycerin mit Phosphorpentoxid entsteht. Glycerin:  $C_3H_5(OH)_3$ ; Glycerin-

phosphorsäure:  $C_3H_5 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_2 \\ OPO(OH)_2 \end{array} \right.$ .

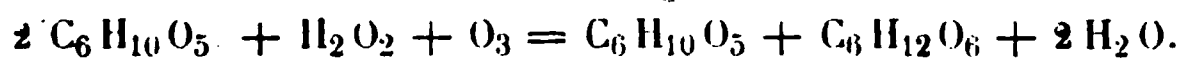
DIACONOW gibt dem Lecithin die Formel, welche nach dem Gesagten verständlich ist:



Ausser dem Lecithin kommt nach MIESCHER ein zweiter hochzusammengesetzter, organischer, phosphorhaltiger Stoff von bis jetzt noch unbekannter Constitution im thierischen Körper vor, das:

**Nuclein:**  $C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$ . MIESCHER fand es in den Kernen der Eiterkörperchen, im Eidotter, im Sperma des Lachs, anderer Fische und des Stiers, HOPPE-SEYLER: in der Bierhefe, Weizenkleie, in den Zellen einer menschlichen Papillomgeschwulst, in den Kernen der rothen Blutkörperchen von Vögeln; in der Leber vom Rind constatirte es PLOSZ, JAKSCH im Gehirn, SERTOLI in den Spermatozoiden. Das Nuclein ist nicht, wie sein Name andeuten sollte, an die Anwesenheit von Zellkernen geknüpft. In den Blutkörperchen der Säugethiere fehlt es. Es ist in Wasser fast unlöslich, unlöslich in verdünnten Mineralsäuren, leicht löslich in verdünnten Alkalien, auch in Ammoniak. Der Magensaft greift es sehr schwer an. Es zerlegt sich beim Stehen in schwach sauren Flüssigkeiten und wird durch Kochen mit Wasser, schneller mit Alkalilauge oder Barytwasser, zerlegt, unter Bildung von phosphorsaurem Salz. Nur in den Spermatozoen des Lachses fand es MIESCHER in einer salzartigen Verbindung mit einer organischen, basischen Substanz (Protamin).

**Ungestaltete Fermente** (cf. S. 70). Ehe wir zu den weiteren stickstoffhaltigen und stickstofffreien Spaltungsprodukten des Albumins fortschreiten, haben wir hier noch Stoffe zu erwähnen, die man früher für Albuminate gehalten hat, und die man nun als Abkömmlinge der Albuminate bezeichnet, obwohl über sie kaum etwas Anderes weiter feststeht, als dass sie die Eiweissreaktionen nur spurweise oder gar nicht geben. Es sind das die sogenannten Verdauungsfermente. Bei unserer Unkenntniss über das Wesen der Fermentation ist es vorerst nur ein Nothbehelf für unsere Vorstellung, eigenthümliche chemische Stoffe als Fermente aufzustellen. Ob es derartige »Fermente« wirklich gibt, ob die Fermentwirkungen nur von gewissen »Zuständen« uns bekannter oder unbekannter chemischer Stoffe abhängen, ist uns vollkommen unbekannt. J. P. DAHLEM behauptet, dass die Hefe und andere Gährungsorganismen die Fähigkeit besitzen, Sauerstoff aufzunehmen und damit Wasserstoffsuperoxyd zu bilden, welches dann die sogenannten fermentativen Zersetzungen bewirke. Für den Uebergang der Stärke in Dextrin und Zucker stellt er folgende Formel auf:



Weiteres vergleiche man Seite 70 und bei der speciellen und historischen Darstellung der Verdauung. Mit den wahren Gährungsvorgängen haben die Fermentationen im Organismus gemein, dass sie von denselben Einflüssen unterdrückt und begünstigt werden, dass sehr geringe Mengen der sogenannten »reinen Fermente« die chemischen Veränderungen grosser Stoffmengen bewirken können. Zur Reindarstellung dieser Fermente benutzt man ihre Löslichkeit in Glycerin und ihre Eigenschaft, aus wässeriger Lösung durch voluminöse Niederschläge, wie z. B. durch Zusatz von Cholesterinlösungen, Collodium etc., mit niedergerissen zu werden. Bemerkenswerth ist, dass diese »Fermente« eine Erhitzung im trockenen Zustand über  $40^\circ$



erlauben, ohne an Wirksamkeit abzunehmen (HÜFNER, AL. SCHMIDT u. A.). O. NASSE findet, dass  $\text{CO}_2$  ihre Wirkung steigert, O und CO dagegen herabsetzt. Im Organismus nimmt man jetzt wenigstens drei verschiedene Fermentationen an:

1) Zuckerbildung aus Stärke, Dextrin und Glycogen durch den Speichel, den Pankreassaft, das Leberextrakt und das Extrakt anderer Organe (zuckerbildendes Pankreasferment, animalische Diastase, Ptyalin).

2) Fettzerlegung in Glycerin und freie Fettsäuren durch den Pankreassaft.

3) Umwandlung der Eiweisskörper und Albuminoide (geronnener und gelöster) in Peptone und weitere Spaltung derselben in Leucin, Tyrosin, Zucker etc. durch Magensekret (Ferment: Pepsin), durch Pankreas- und Darmsaft. Weiteres über Fermente bei den betreffenden Organen und Stoffen.

V. GORUP-BESANEZ constatirte diastatische und peptonbildende Fermente im Pflanzenreich: im Samen von *Canabis indica*, *Linum usitatissimum* und in der gekeimten Gerste. Fermentfrei erwiesen sich: Lupinensamen und *Secale cornutum*. Mit H. WILL constatirte derselbe die von HOOKER entdeckte eiweissverdauende Funktion der Sekrete verschiedener Nepenthesarten. In dem sauer reagirenden, nach Reizung durch Insekten abgesonderten Saft lösten sich gequollenes Fibrin zu Pepton, nach Zusatz von etwas Salzsäure alle Eiweissstoffe und Leim. Der neutrale, aus nicht gereizten Pflanzen stammende Saft erhielt durch Säurezusatz dasselbe Vermögen. Der Saft der Nepenthesschläuche ist sonach eine pflanzliche Pepsinlösung. Aus Blättern der *Drosera rotundifolia* konnte HOPPE-SEYLER dagegen weder durch 0,20% Salzsäure, noch durch Digeriren mit Glycerin das verdauende Ferment ausziehen; dasselbe ist somit sicher von Pepsin verschieden. — Die »reinen Eiweissstoffe«, z. B. Serumeiweiss, enthalten nach SEEGEN »diastatisches Ferment«.

## II. Stickstofffreie Stoffe.

Die Fette werden theils, wie wir oben bei der Besprechung der Bestandtheile der Pflanzenzelle sahen, in der Nahrung, und zwar auch in der vegetabilischen, eingeführt, theils stammen sie wohl aus der Zersetzung der Albuminate. Analog ist es mit den im Körper stattfindenden Kohlehydraten und einer Anzahl anderer Stoffe, die theils als Produkte der regressiven Metamorphose der Körperstoffe, theils als Nahrungsbestandtheile und deren Zersetzungsprodukte aufzufassen sind. Ohne Rücksicht auf ihren Ursprung führen wir im Folgenden die übrigen Körperbestandtheile an.

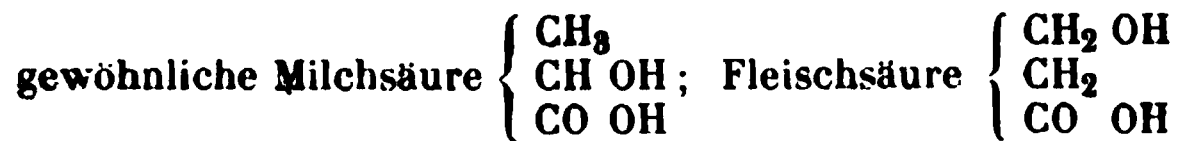
**Organische stickstofffreie Säuren.** — 1) Die Fettsäuren von der allgemeinen Formel  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  finden sich schon oben S. 65 zusammengestellt. Sie bilden eine homologe Reihe. Die kohlenstoffärmeren können aus den kohlenstoffreicheren durch Oxydation unter Ausscheidung von  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  dargestellt werden, in den pflanzlichen Organismen bilden sich die kohlenstoffreicheren wohl durch Desoxydation in der umgekehrten Richtung. Flüchtige Fettsäuren findet man in manchen sich zersetzenden Sekreten (z. B. Schweiss); ob sie in der normalen Zusammensetzung der Gewebe sich finden, ist zweifelhaft. Im animalen Organismus kommen kohlenstoffreiche Fettsäuren in Fetten (cf. S. 65) vor; durch die Pankreasverdauung werden im Darm die Fette zum Theil in Glycerin und Fettsäuren zerlegt, welche letztere sich mit Alkalien (Kali und Natron) zu fettsauren Alkalien = Seifen verbinden, die sich in Wasser lösen und zugleich die Fähigkeit haben, sich mit Fetten zu mischen, was für die Verdauung von grosser Bedeutung ist. Essigsäure und Capronsäure kommen als Amidverbindungen (Glycin und Leucin) vor. Aus Lecithin werden Fettsäuren gewonnen durch Zersetzung.

2) Säuren der Acrylsäurereihe (Oelsäuren). — Die Oelsäure (Oleinsäure, Elainsäure) findet sich von dieser Reihe allein im Körper vor in Begleitung der Fettsäuren und wie diese als neutrales Fett = Olein, z. B. im Schweineschmalz, als Seife, im Lecithin.  $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ .

3) Säuren der Milchsäurereihe. — Die Milchsäure  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  findet sich im Magensaft und anderen Körperflüssigkeiten, wohl stets wie in saurer Milch als Produkt der Milchsäuregährung des Zuckers.



Die **Fleischmilchsäure** (Paramilchsäure und Aethylenmilchsäure) ist ein Stoffwechselprodukt vor allem der Muskeln, welches aus den Kohlehydraten des Muskels (Glycogen, Dextrin, Zucker) entsteht. Die beiden Milchsäuren sind isomer und unterscheiden sich durch die Löslichkeit und Krystallform ihrer Salze. Die gewöhnliche Milchsäure leitet sich von Aldehyd ab, die Fleischmilchsäure lässt sich aus Aethylenverbindungen ableiten. Die aufgelösten Formeln für beide Säuren sind daher:



R. Maly konnte Fleischmilchsäure als gelegentliches Gährungsprodukt des Zuckers, Dextrins und anderer Kohlehydrate nachweisen.

4. **Säuren der Oxalsäurereihe.** — Die **Oxalsäure**  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  findet sich hier und da im Harn mit Kalk verbunden, ob normal, ist ungewiss.

Die **Bernsteinsäure** findet sich normal in kleiner Menge im animalen Organismus.  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ , im Harn des Menschen, in der Milz, Thyreoidea, Thymus, in Leberechinococcus- und Hydrocephalflüssigkeit.

**Alkohole.** — Das **Cholesterin** findet sich im Eidotter, Gehirn, Galle etc., soll auch in den Erbsen vorkommen. Es ist ein einwerthiger Alkohol:  $\text{C}_{26}\text{H}_{43}\text{OH}$ . Spec. Gew. 1046—1047 (C. MÉR). Abbildung Fig. 73.

Das **Glycerin**, ein dreiwertiger Alkohol:  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , findet sich nach der Fettzerlegung im Darne durch das Pankreassekret frei. Ueberdies kommt es (in den Fetten) noch in Form von Aetherarten vor, die neutralen Fette sind Glycerinäther (cf. oben).

Die **Zuckerarten.** — Man schliesst sie gewöhnlich an die Alkohole an, doch ist ihre Constitution noch nicht genau erkannt. BAEYER hält es nach der Bildung des Zuckers aus Formaldehyd und den Formeln der Schleim- und Milchsäure für wahrscheinlich, dass der Zucker ein Aldehyd sei. Mit Stärkemehl, Gummi, Dextrin, Cellulose bilden sie die sogenannten oben S. 64 angeführten vegetabilischen Kohlehydrate. Im animalen Organismus sind folgende Zuckerarten sicher nachzuweisen (cf. bei Harn):

**Traubenzucker**, Dextrose oder Stärkezucker  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , kommt in geringen Mengen fast in allen thierischen Flüssigkeiten und Gewebssäften vor: in Blut, Muskeln, Leber, Harn etc. Bei dem Zustand des Diabetes mellitus (Zuckerharnruhr) kann er in sehr grossen Mengen auftreten und im Harn ausgeschieden werden. Er besitzt die Eigenschaft, in alkalischer Lösung aus Kupferoxydsalzen beim Kochen gelbrothes Oxydul zu reduciren (TROMMER'sche Probe). Aus Silbersalzen fällt er metallisches Silber. Versetzt man eine Zuckerlösung mit alkalischer Wismuthoxydlösung und kocht einige Minuten, so scheidet sich beim Stehen ein schwarzes Pulver ab (BÖTTCHER'sche Probe) (cf. Harnanalyse). Er dreht die Polarisationssebene nach rechts. Er ist gährungsfähig, durch Hefe zerfällt er fast ganz in Aethylalkohol und Kohlensäure. Bei Gegenwart von faulenden Eiweisskörpern (und Milchsäurehefe) zerfällt er in Milchsäure.

Inosit wurde zuerst als Bestandtheil des Herzmuskels nachgewiesen. Wasserfrei hat er die empirische Zusammensetzung:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Er dreht nicht die Polarisationssebene, reducirt Kupferoxydsalze nicht, ist der weingeistigen Gährung nicht, wohl aber der Milchsäuregährung fähig. Nachweis: Wird Inositolösung oder eine inosithaltige Mischung mit Salpetersäure auf Platinblech (Porzellanscherben) fast bis zur Trockene abgedampft, der Rückstand mit Ammoniak und etwas Chlorcalcium übergossen und dann vorsichtig bis zur Trockene verdunstet, so entsteht eine lebhaft rosenrothe Färbung, die noch 1 Milligramm Inosit erkennen lässt. Er ist gefunden im Herzmuskel, Pferdefleisch, Ochsenblut, in Echinocephalusflüssigkeit von Schafen, in der Leber, Lunge, im Gehirn, in der Milz, in den Nieren; pathologisch im Harn bei Morbus Brighti, Urämie, zuweilen bei Diabetes mellitus an Stelle des meist früher vorhanden gewesenen Traubenzuckers, bei Cholerareconvalescenten, Gehirn- Tumoren, ferner in den willkürlichen Muskeln von Säugern oft in erheblicher Menge. Krystallisiert im klinorhombischen System mit  $2\text{H}_2\text{O}$ .

**Scyllit** fanden **FREICHS** und **STÄDELER** in mehreren Organen der Plagiostomen, in d Nieren des Rochen und Haifisches; es unterscheidet sich vom Inosit durch die Krystallfor und den Mangel der oben angegebenen Inositreaktion.

**Milchsucker**  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$  kommt in der Milch der Säugethiere vor, aus deren ei gedampfter Molke er sich in rhombischen Krystallen ausscheidet. Er ist direct nur der Milch säuregährung fähig (wobei immer etwas Alkohol und Mannit entsteht), mit verdünnten Säure gekocht verwandelt er sich in eine dem Traubenzucker sehr nahestehende, direct der Alkohol gährung fähige Zuckerart. Er dreht die Polarisationsebene nach rechts. Eine alkalische Lö sung eines Kupfersalzes wird von Milchsucker schon in der Kälte reducirt. Er gibt auch di **BÖTTCHER'sche** Probe (cf. Traubenzucker). **BOUCHARDAT** fand neben anderen Zuckerarten Milch zucker im Saft e d e r F r ü c h t e von *Achras sapota*.

Ausser den Zuckerarten kommen noch andere Kohlehydrate, die zum Theil leicht i Zucker übergeführt werden können, im animalen Organismus vor, die sich hier anschliessen

**Glycogen**, animalische Stärke von der empirischen Zusammensetzung:  $C_6H_{10}O_5$ . E findet sich vor allem als Bestandtheil der Leber, ausserdem in vielen embryonalen Organen im Fleisch nach **BRÜCKE** regelmässig, spurweise auch in Blut und Drüsen: Milz, Nieren, Milch drüsen. **CHITTENDEN** fand Glycogen zu 1,98—2,93% im Mittelmuskel der essbaren Kamm muschel. **SALOMON** fand Glycogen im Eiter künstlich erzeugter Abscesse und nimmt an dass dasselbe von den Eiterkörperchen resp. weissen Blutzellen gebildet werde. Schneeweisses, mehlartiges, amorphes Pulver. Im heissen Wasser löslich, mit Aetzka klare Lösung gebend. Die wässrige Lösung zeigt starke rechtsseitige Polarisation. Redu cirt alkalische Kupferlösungen nicht. Mit Jod färbt es sich rothbraun bis dunkelroth. Kann durch verdünnte Säuren, dann Speichel, Bauchspeichel, Lebersaft, Blut, Diastase etc. leicht in Traubenzucker umgewandelt werden. **SEEGEN** bemerkte, dass das Glycogen bei Digeriren mit Speichel bei weitem nicht die theoretisch erwartete Zuckermenge liefert nach **O. NASSE** nur etwa die Hälfte, 45—48%, ebenso wirkt Pankreasextract; hierbei entsteht **BRÜCKE's** Achroodextrin und Ptyalose erst durch Kochen mit verdünnter Schwefel säure, Traubenzucker, welcher sich in der Leber und im Muskel (**MEISSNER**, **J. RANKE**) sofort bildet. Nach **FINN's** Versuchen wandelt sich auch in der Leber das gesamte Glycogen in Zucker um. Auch durch Speichereinwirkung auf Glycogen gewann er nach 78 Stunden 74% der theoretisch geforderten Zuckermenge, **SEEGEN** und **O. NASSE** haben also die Versuche zu kurze Zeit fortgesetzt. Die Glycogene, mögen sie bei der Ernährung erzeugt sein, an welchem Stoffe sie wollen, sind nach **FINN** identisch. — Ausserdem ist noch im animalen Körper von Kohlehydraten nachgewiesen:

**Dextrin**, Stärk eg u m m i:  $C_6H_{10}O_5$ , im Pferdefleisch, im Blut (namentlich der Lunge) d Herbivoren, in der Leber mit Hafer gefütterter Pferde, im Darminhalt nach amylaceenhaltig Nahrung. In Wasser löslich, farb- und geschmacklos, concentrirt klebt es. Mit einer Lösung von Jod in Jodkalium färbt sich das Dextrin: Erythrodextrin (**BRÜCKE**) roth. Es ist direct der Milchsäuregährung fähig; durch verdünnte Säuren (Schwefelsäure) und Speichel, Diastase geht Dextrin leicht in Traubenzucker über. **BRÜCKE** unterscheidet von diesem Dextrin Ery throdextrin, ein Achroodextrin, das sich mit Jod nicht färbt. Beide Dextrinarten sind von der löslichen Stärke verschieden, welche sich mit Jodtinctur bläut.

**Die Cellulose**  $C_6H_{10}O_5$ , im Mantel der Tunicaten als Zwischenzellsubstanz aufgefunden (cf. S. 9).

**Paramylon** von derselben empirischen Zusammensetzung wie das Stärkemehl (au  $C_6H_{10}O_5$ ) in Körnchen in der Infusorienspecies *Euglena viridis* gefunden. Gibt die Jodreaktion nicht; längere Zeit mit rauchender Salpetersäure behandelt, liefert es eine gährung fähige Zuckerart.

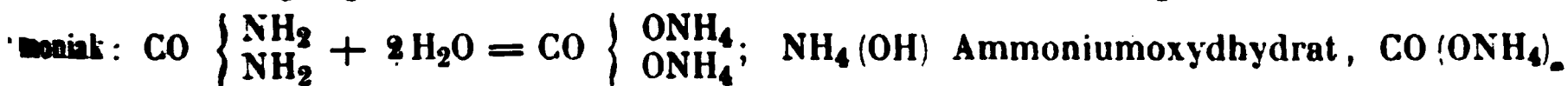
**Aetherarten.** — Cf. Fette.

## III. Stickstoffhaltige Stoffe.

**Ammoniakderivate und ihre Verbindungen von bekannter Constitution. —**

a **Amine.** — Methyamin, Trymethyamin, Zersetzungsprodukte des Kreatins und Cholins.

b, **Amide.** — **Harnstoff:** Biamid der Kohlensäure, Carbamid. Die wasserhaltige Kohlensäure hat die Formel:  $\text{CO}(\text{OH})_2$ ; Harnstoff:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ . Beide OH der wasserhaltigen Kohlensäure sind durch je ein  $\text{NH}_2$  ersetzt. Der Harnstoff ist für die Physiologie von Wichtigkeit, da die Hauptmasse alles im Körper umgesetzten Stickstoffs der stickstoffhaltigen Körper- und Nahrungsbestandtheile bei Säugethieren den Körper in der Form des Harnstoffs im Harn verlässt. Harnstoff findet sich neben Harnsäure auch im Harn der Reptilien und Vögel. Der Harnstoff löst sich leicht in Wasser und Alkohol, kaum in Aether, seine Salze mit Salpetersäure und Oxalsäure sind dagegen schwer löslich. Mit salpetersaurem Quecksilberoxyd bildet er eine complicirte Verbindung, die zur quantitativen Harnstoffbestimmung (nach LIEBIG) verwendet wird. Der Niederschlag hat schliesslich die Zusammensetzung:  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 (\text{HgO})_3$ . Der Harnstoff zersetzt sich leicht beim Kochen ( $100^\circ\text{C}$ ), Faulen, gelegentlich auch im Darm, unter Aufnahme von  $2\text{H}_2\text{O}$  in kohlensaures Ammoniak:



= kohlensaures Ammoniak. Der Harnstoff wurde im Jahr 1799 von FOURCROY und VAUQUELIN bestimmt als Bestandtheil des menschlichen Harns erkannt und als urée, d. i. Harnstoff, benannt. Harnstoff war die erste organische Substanz, welche künstlich dargestellt wurde: WÖHLER lehrte 1828 die künstliche Darstellung aus cyansaurem Ammoniak, aus dem er durch Umlagerung der Bestandtheile leicht entsteht, in wässriger Lösung namentlich beim

Kochen:  $\text{CN} \begin{Bmatrix} \text{O} \\ \text{CH}_4 \end{Bmatrix} = \text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{Bmatrix}$ . Er entsteht auch durch Einwirken von trockenem Am-

moniak auf Carbonylchlorid (Phosgengas)  $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{Bmatrix}$ . Für die Physiologie ist die Entstehung

des Harnstoffs als Zersetzungsprodukt anderer im animalen Organismus sich bildender Stoffe von besonderer Wichtigkeit. Harnsäure liefert 1) bei trockener Destillation Harnstoff (WÖHLER),

2) bei Einwirkung von Oxydationsmitteln (LIEBIG), 3) im Organismus (WÖHLER und FRERICHs).

Kreatin wird beim Kochen mit Barytwasser in Harnstoff und Sarkosin zersetzt (LIEBIG).

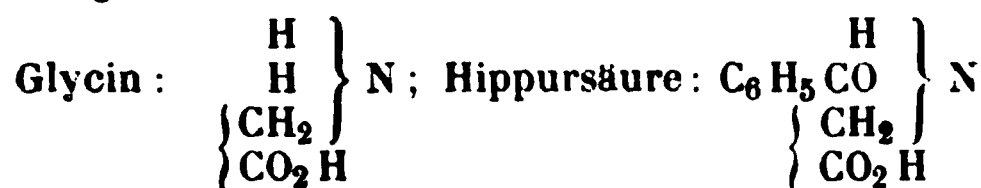
Oxalursäure, ein Zersetzungsprodukt der Harnsäure zerfällt beim Kochen in Harnstoff und Sarkosin (LIEBIG). Der Harnstoff krystallisirt in quadratischen Prismen. Seine Lösungen re-

agiren neutral. (Die Abbildungen der Krystallformen bei Haut).

c) **Amidosäuren.** — **Glycin** (Glycocol, Leimzucker) = Amidoessigsäure  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$  entsteht, wenn thierischer Leim (Glutin) mit verdünnter Schwefelsäure gekocht wird, auch bei der Pankreasverdauung des Leims (NENCKI), schmeckt süß. Glycin kann künstlich dargestellt werden durch Monochloressigsäure mit Ammoniak. Essigsäure =  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}(\text{OH})$ ; Glycin =  $\text{C}_2\text{H}_2[\text{NH}_2]\text{O}(\text{OH})$ . Das Glycin ist eine schwache Säure, verbindet sich aber auch als Aminbase mit Säuren; es findet sich in solchen Verbindungen in der Galle und normal im Harn der Pflanzenfresser. Frei will es CHITTENDEN zu 0,39—0,71% im Mittelstiel der essbaren Kammuschel nachgewiesen haben.

Im Harn findet sich die Verbindung des Glycins mit Benzoessäure ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ ):

**Hippursäure** = Glycobenzoessäure  $\text{C}_9\text{H}_9\text{NO}_3$ . Sie ist Glycin, in welchem 1 Atom Wasserstoff durch das einwerthige Radical Benzoyl (das Radical der Benzoessäure)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}$  ersetzt ist.



Benzoessäure wird im menschlichen und im Körper der Säugethiere vollständig in Hippursäure verwandelt, andere aromatische Säuren entweder ebenfalls oder in ganz analoge Glycinverbindungen (cf. Harn).

In der Galle befindet sich als Verbindung des Glycins  
**Glycocholsäure**  $C_{26}H_{43}NO_8$  (cf. Taurocholsäure).

**Taurin**  $C_2H_7NSO_3$ . Es ist das Amid der Isäthionsäure:  $C_2H_4 \left\{ \begin{array}{l} OH \\ SO_3H \end{array} \right.$ ; Taurin:

$C_2H_4 \left\{ \begin{array}{l} NH_2 \\ SO_3H \end{array} \right.$  findet sich als Zersetzungsprodukt der Gallensäuren im Darm und in den Excrementen. Normal in den Muskeln vieler Fische, in verschiedenen Organen der Plagiostomen, in den Muskeln der Mollusken, in den Nieren und Lungen verschiedener höherer Säugethiere, im Pferdefleisch, pathologisch im Blut und in seinen Transsudaten, im Harn bei Icterus und Leberkrankheiten. Das Taurin ist charakterisirt durch seinen reichen Schwefelgehalt 25,60%, der sich bei dem Erhitzen als schwefelige Säure entwickelt. Es krystallisirt in durchsichtigen, farblosen sechsseitigen Prismen. Sein wichtigstes Vorkommen ist in gepaarter Verbindung mit Cholsäure in der Galle analog der Verbindung des Glycins mit Cholsäure, der Glycocholsäure. Diese Verbindung des Taurins ist die

**Taurocholsäure**:  $C_{26}H_{45}NSO_7$ .

Glycocholsäure und Taurocholsäure sind die specifischen Bestandtheile des Lebersekretes: die Gallensäuren, welche in der Galle an Alkalien (namentlich Natron) gebunden sich finden. Die gallensauren Alkalien verhalten sich physikalisch in mancher Hinsicht wie Seifen = fettsaure Alkalien, indem sie sich wie diese in Wasser lösen, aber auch mit Fetten und Oelen mischen, wodurch sie eine Bedeutung für die Fettresorption im Darme erhalten. Beide drehen den polarisirten Lichtstrahl nach rechts.

Die Glycocholsäure löst sich leicht in Alkohol, dagegen schwer in Wasser, besonders kalt, sie krystallisirt in seidenglänzenden Nadeln. Aus den wässerigen Lösungen der glycocholsauren Salze fallen Säuren (auch Essigsäure) einen harzartigen Niederschlag. Mit Baryt- oder wasser längere Zeit gekocht, zerfällt die Glycocholsäure in Glycin und Cholsäure. Mit Schwefelsäure oder Salzsäure gekocht, zerfällt sie in Glycin und Choloidinsäure. Taurocholsäure enthält 3,24% Schwefel. Sie zerfällt beim Kochen mit Alkalien in Taurin und Cholsäure, beim Kochen mit Säuren in Taurin und Choloidinsäure. Die Taurocholsäure ist an der Luft leicht zerfließlich.

Die Cholsäure (Cholalsäure), welche von der Glycocholsäure und Taurocholsäure abgespalten werden kann, ist in ihrer Constitution noch nicht erkannt, ihre Formel ist empirisch:  $C_{24}H_{40}O_5$ . Sie soll in geringen Mengen im Dickdarm von Menschen, Rindern und Hunden vorkommen, auch im Harn bei Icterus. Sie krystallisirt nach verschiedenen Systemen aus verschiedenen Lösungsmitteln. Zeigt starke rechtsseitige Polarisation; löst sich schwer in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Ueber  $195^\circ C$ . erhitzt, verwandelt sie sich mit Abgabe von 4 Aeq. Wasser in Choloidinsäure und bei  $295^\circ$  in Dyslisin. Beide entstehen auch durch Kochen mit Salzsäure und sollen sich in den Excrementen finden. Die Choloidinsäure ist wie ihre Salze amorph, löslich in Alkohol, schwerer in Aether, nicht in Wasser. Ihre Zusammensetzung ist:  $C_{24}H_{38}O_4$ , die des Dyslisis:  $C_{24}H_{36}O_3$ . In Alkohol und Wasser unlöslich, wenig löslich in Aether.

Die Cholsäure, Choloidinsäure und das Dyslisin geben die PETTENKOFER'sche Probe wie die Gallensäure selbst. Versetzt man wässerige Lösungen der Gallensäuren mit wenigen Tropfen Zuckerlösung und concentrirter Schwefelsäure, so färbt sich die Flüssigkeit (bei Schütteln) prachtvoll purpurviolett und dann kirschroth. Die Schwefelsäure muss dazu sein von schwefliger, salpetriger und Salpeter-Säure (cf. Galle). Mit rauchender Salpetersäure destillirt, liefert die Cholsäure: Caprin-, Capryl- und Cholesterinsäure, wodurch sich (?) an die Fettsäuren anschliesst, mit denen sie auch die seifenartigen Verbindungen der Alkalien gemein hat.

In der Schweinegalle findet sich an Stelle der Cholsäure die Hyocholsäure  $C_{25}H_{40}O_4$ , welche ebenfalls mit Taurin und Glycin gepaarte Säuren bildet: Hyotaurocholsäure  $C_{27}H_{45}NSO_6$  und Hyoglycocholsäure:  $C_{27}H_{43}NO_5$  und ein Hyodyslisin  $C_{25}H_{38}O_3$  liefert.

In der Gänsegalle findet sich an Stelle der Cholsäure die Chenocholsäure  $C_{27}H_{44}O_4$ , welche, mit Taurin gepaart, die Chenotaurocholsäure liefert:  $C_{29}H_{51}NSO_7$ . —

Das **Leucin** ist das Amid der Capronsäure:  $C_6H_{13}NO_2 = C_6H_{10}(NH_2)O.OH$ ; findet sich im Pankreas normal, sonst in sehr vielen Körperbestandtheilen als Produkt der Zersetzung, wobei es sowie durch Säuren und Alkalien aus Albuminaten und albuminoiden Stoffen entsteht, krystallisirt in perlmutterglänzenden, farblosen Schüppchen. Unter dem Mikroskop erscheint es in Form von stark lichtbrechenden, meist concentrisch geschichteten Kugeln, die aus concentrisch gruppirten, nadelförmigen Krystallen bestehen. Häufig zeigen die Kugeln des Leucin eine raube, wie angefressene Oberfläche, und nicht selten sitzen grösseren Kugeln kleinere Kugelsegmente auf (Fig. 53). v. GORUP-BESANZON konstatarie die Anwesenheit des Leucin bisher nur im Thierreiche nachgewiesenen Leucin (neben Asparagin) in den Keimen der Wicken. Auch das aus *Chenopodium alb.* von REINACH erhaltene „Chenopodin“ hält er für Leucin.

Das **Tyrosin** ist auch eine Amidosäure, deren Natur aber noch nicht aufgeklärt ist; es erinnert an die Salicylverbindungen. Es tritt als Zersetzungsprodukt neben dem Leucin auf, aber in geringerer Menge, soll im Pankreas auch normal vorkommen neben Leucin, mit diesem auch in der Leber bei Leberkrankheiten und im Harn bei Lebererweichung. In den Organen niederer Thiere, namentlich der Arthropoden, soll es ziemlich häufig normal (?) vorkommen.

Der Nachweis des Leucin und Tyrosin kann für den Arzt von Bedeutung sein, da sich diese Stoffe pathologisch besonders bei Leberkrankheiten in verhältnissmässig grossen Mengen in allen Organen und Flüssigkeiten, namentlich in der Leber, vorfinden. Aus drüsigen

Fig. 53.

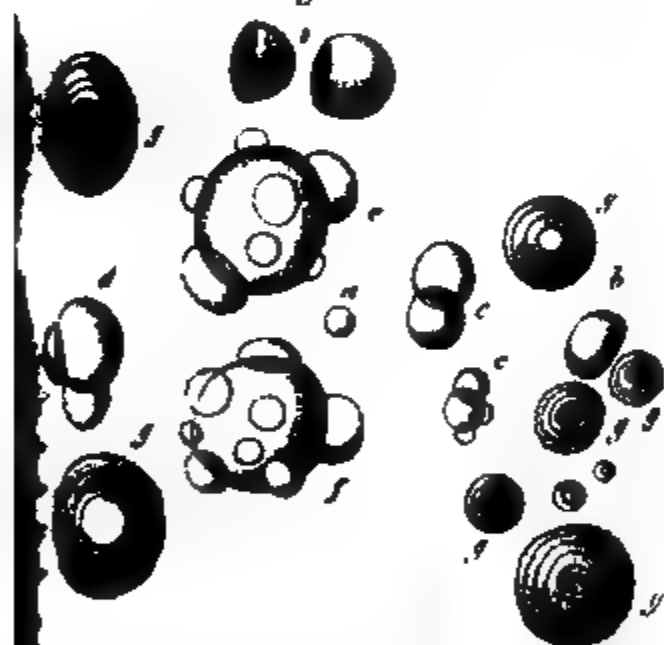


Fig. 53. Nadelartige Krystallmassen des Leucin. a Eine sehr kleine Kugel. b Halbkugelige Massen. c Aggregation kleinerer Kugeln. d Eine grössere Kugel mit zwei Kugeln besetzt. e f Grosse Leucinkugeln mit kleineren Kugelsegmenten reichlich versehen. g g g g Geordnete Leucinkugeln, theils mit glatter, theils mit rauer Oberfläche und von sehr verschiedener Grösse.

Fig. 54.



Fig. 54. Nadelartige Krystallisationen des Tyrosin. Bei a die einzelnen Nadeln; bei b b kleinere und grosse Gruppierungen derselben.

Man bereitet man sich einen kalten wässerigen Auszug, indem man die wohl zerhackten Leber mit Wasser mischt und durch einen Leinwandlappen presst. Das so gewonnene Filtrat wird gekocht, filtrirt, das Filtrat mit Bleiessig gefüllt, filtrirt, Schwefelwasserstoff durch das Filtrat geleitet, bis kein Schwefelbleiniederschlag mehr entsteht, filtrirt, das Filtrat dampft, schliesslich auf dem Wasserbad bis zur Consistenz eines dünnen Syrups eingeengt. Nun lässt man es längere Zeit ruhig, bedeckt, kühl stehen, wobei sich Leucin und Tyrosin in gelbgefärbten, warzigen Massen und Krusten abscheiden. Durch weiteres



Verdunsten der abgegossenen Mutterlauge scheidet sich meist noch mehr ab. In kochenden Alkohol werden die Krystalle gelöst, kochend heiss filtrirt, wobei sich bei dem Abkühlen das Leucin ziemlich rein ausscheidet. Das Tyrosin ist in kochendem Weingeist nicht löslich, bleibt also bei jener Behandlung im Rückstand. Dieser wird in wenig heissem Wasser aufgelöst, aus welchem das Tyrosin nach ein- bis zweimal 24 Stunden in büschelförmigen Krystallen auskrystallisirt (Fig. 54).

Zum Nachweis des Leucins und Tyrosins im frischgelassenen Harn wird dieser sofort mit Bleiessig gefällt und nun im Folgenden genau wie oben verfahren. Enthält der Harn viel Leucin und Tyrosin, so scheiden sie sich schon bei dem Verdunsten (auf dem Objectträger) in den charakteristischen Krystallen aus.

Die Tyrosinproben sind folgende: 1) Eine Lösung von Tyrosin wird durch salpetersaures Quecksilberoxyd in der Siedehitze schön rosenroth gefärbt und gibt später einen rothen Niederschlag (HOFFMANN). 2) PIRIA'sche Reaktion. Man bringt etwas Tyrosin in ein Uhrglas, benetzt es mit 1—2 Tropfen concentrirter Schwefelsäure, wobei es sich vorübergehend rother Färbung auflöst. Nun lässt man das Glas gedeckt eine halbe Stunde stehen, verdünnt mit Wasser, sättigt mit kohlensaurem Baryt, filtrirt und setzt zu dem Filtrat neutrale Eisenchloridlösung, so zeigt sich sogleich eine sehr reiche violette Färbung. 3) SCHERER's Probe. Man dampft auf einem Porzellanschälchen die Tyrosinlösung mit Salpetersäure vorsichtig ab, wobei ein lebhaft gelber, glänzender Rückstand bleibt, der mit Natron eine rothgelbe Flüssigkeit gibt (unsicher).

An die Amidosäuren schliesst sich auch an

**Cystin:**  $C_3H_7NSO_2$ . Ist ein Bestandtheil der Nieren, findet sich selten im Harn und in Blasensteinen. Seine Krystallform ist charakteristisch (cf. Harn).

**Kreatin:**  $C_4H_9N_3O_2$ , ist im Muskelfleisch, Gehirn, Blut etc. und im Harn enthalten und entsteht aus der Oxydation stickstoffhaltiger Gewebsbestandtheile. Es wird als Methyluremido-Essigsäure betrachtet. VOLHARD stellte es künstlich dar. Mit Barytwasser gekocht zerfällt es unter Wasseraufnahme in Harnstoff und Sarkosin:  $C_4H_9N_3O_2 + H_2O = CH_4N_2$  (Harnstoff) +  $C_3H_7NO_2$  (Sarkosin). Bei der Einwirkung von Säuren, durch Kochen im Wasser, bei Gegenwart faulender Substanzen gibt das Kreatin Wasser ab und verwandelt sich in eine starke, alkalisch reagirende Basis:

**Kreatinin:**  $C_4H_7N_3O$ , das sehr wohl charakterisirte Salze liefert, von denen das Kreatinchlorzink zur quantitativen Bestimmung des Kreatinins benutzt wird.

#### Ammoniakderivate und ihre Verbindungen von unbekannter Constitution.

**Harnsäure:**  $C_5H_4N_4O_3$ , findet sich in geringen Mengen im Harn des Menschen und der Säugethiere, in grösseren Mengen in den Excrementen der Vögel und Schlangen, Schildkröten, Leguane, der Schmetterlinge, vieler Käferarten, sowie einiger Helixarten; im Blute (Gicht), im Saft mehrerer Drüsen, im Herzmuskel, Gehirn; in Harnsteinen, Harnsedimenten, Gichtknoten und in Concretionen in den Gelenkhöhlen bei Gichtkranken. Sie ist zweibasisch. Sie und ihre sauren Salze sind schwer in Wasser löslich, im Harn findet sich vorzüglich harnsaures Natron, harnsaures Ammoniak, harnsaurer Kalk.

Durch Oxydation liefert die Harnsäure bei Mitwirkung von Säuren Harnstoff und

**Alloxan** = Mesoxalylharnstoff, d. h. Harnstoff, der das Radical der Mesoxalsäure  $\left. \begin{matrix} C_3O_3 \\ H_3 \end{matrix} \right\}$  enthält:



Das Alloxan wurde in diarrhoischem Schleim gefunden (LIEBIG), was darum wichtig scheint, weil das Alloxan ein Nebenprodukt der Harnstoffbildung aus Harnsäure ist.

Verdampft man Harnsäure mit Salpetersäure vorsichtig zur Trockne, so bleibt ein rothlicher Rückstand, der, mit Ammoniak befeuchtet, schön purpurroth wird. Die hier entstehende Verbindung ist das Ammoniaksalz der Purpursäure und wird als Farbe im Grossen dargestellt unter dem Namen Murexid:  $C_8H_4(NH_4)N_5O_6$ . Es bildet metallglänzende grüne Krystalle.



mit Wasser eine prachtvolle purpurrothe Lösung geben, welche durch Kalilauge schön blau wird (Harnsäurenachweis cf. Harn).

Bei Gegenwart von Alkalien liefert die Harnsäurezersetzung Kohlensäure und Allantoin,  $C_4H_6N_4O_3$ . Als Bestandtheil des fötalen Harns, der Allantoisflüssigkeit der Kühe und Harn der Kälber und Säuglinge gefunden; auch im Hundeharn bei Respirationsstörungen und im menschlichen Harn nach Gerbsäuregebrauch soll es vorkommen. Eine Lösung von Allantoin liefert, mit Hefe versetzt, bei  $30^\circ C$  Harnstoff, oxalsaures und kohlsaures Ammoniak und eine unbekannte Säure; kochende Salpetersäure zersetzt es ebenfalls in Harnstoff und Allantoin, während es sich mit concentrirten Alkalien in Oxalsäure und Ammoniak zerlegt.

An die Harnsäure schliesst sich noch an:

**Xanthin:**  $C_5H_4N_4O_2$ , Bestandtheil gewisser seltener Harnsteine, in geringen Mengen Bestandtheil des Harns, zahlreicher drüsiger Organe, des Gehirns, des Fleisches von Säugethieren und Vögeln. Es kann künstlich aus Hypoxanthin erhalten werden.

Der Nachweis des Xanthins in Harnsteinen ist leicht, da diese seltenen Steine meist ausschliesslich aus diesem Körper bestehen. Man behandelt eine geringe Menge auf einem Porzellanscherven mit Salpetersäure, wobei es sich ohne Gasentwicklung löst, bei vorsichtigem Verdampfen bleibt ein gelber Rückstand, der sich mit Kali gelbroth färbt, aber beim Erhitzen eine violette Farbe annimmt (cf. Harnsäurenachweis, Guanin, Tyrosin).

**Hypoxanthin oder Sarkin:**  $C_5H_4N_4O$  kommt neben dem Xanthin vor, in welches es durch Hydrationsmittel übergeführt werden kann. In der menschlichen Leber soll es namentlich bei sogenannter gelber Atrophie vorkommen.

**Guanin:**  $C_5H_5N_5O$ . Bestandtheil des Guano (Excremente von Seevögeln), im Pankreas, in der Leber aufgefunden, auch in den Excrementen der Spinnen und in den perlmutterglänzenden Massen in den Schuppen und Schwimmblasen der Fische. Mit Salpetersäure abgedampft, gibt es einen citronengelben Rückstand (aus Xanthin und einem gelben Nitrokörper bestehend), der sich in Kali und Ammoniak mit tiefgelbrother Farbe löst (Harnsäurenachweis und Xanthin).

**Inosinsäure:**  $C_{10}H_{14}N_4O_{11}$  wurde in den Flüssigkeiten des Fleisches in geringer Menge gefunden.

**Kynurensäure:**  $C_{10}H_{14}N_2O_5$  (?) im Hundeharn neben Harnsäure.

An die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Organismus schliessen sich noch an

**Die thierischen Farbstoffe. — Farbstoffe aus dem Blut.** Die Mehrzahl der animalen Farbstoffe stammt aus dem Blutfarbstoff = Hämoglobin ab, von dessen Zersetzung in einen oder mehrere Eiweisskörper und einen rothen Farbstoff oben die Rede war. Diesen primär von dem Hämoglobin sich abspaltenden Farbstoff hat HOPPE-SEYLER bezeichnet als Hämochromogen, der durch Sauerstoff übergeht in

**Hämatin.** Unter diesem Namen hat man lange eine grosse Anzahl von Körpern beschrieben, die man für den eigentlichen Blutfarbstoff ansprach, und die verschieden waren je nach den Methoden der Darstellung. Am besten gelingt seine optische Charakteristik, von der bei Blut die Rede sein wird. Die als Hämatin bezeichneten Farbstoffe waren theils krystallinisch, theils amorph. HOPPE-SEYLER's Hämatin ist ein amorphes, blauschwarzes, beim Reiben rothbraunes Pulver, in Wasser und Alkohol unlöslich, löslich in wässrigem und weingeistigem Ammoniak, in schwefelsäure- und salpetersäurehaltigem Weingeist, sowie in kaustischen Alkalien. HOPPE gibt ihm die empirische Formel:  $C_{34}H_{34}N_4FeO_5$  (?). Eine Umwandlung desselben durch Säuren in Gegenwart von Chlor ist das

Hämin, ein krystallisirter Körper, der zum gerichtlich-chemischen Nachweis des Blutes (dieser) dient. HOPPE erklärt es für salzsaures Hämatin:  $C_{34}H_{34}N_4FeO_5 \cdot HCl$ . Nach GOUFFÉ-BESANZES scheinen weder Hämin noch Hämatin reine Verbindungen zu sein (cf. Blutfarbstoff).

Das Retinalpigment cf. bei Retina.

Der Farbstoff der Galle ist:

**Bilirubin**, höchst wahrscheinlich identisch mit **Hämatoidin**, das in Krystallen in alten Blut extravasaten gefunden wird. Das Bilirubin:  $C_{16}H_{18}N_2O_3$  ist eisenfrei, braunroth, krystallisirbar in klinorhombischen Prismen, leicht löslich in Alkalien, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Chloroform beim Erwärmen. Es kommt vor in Gallensteinen, in der Galle des Menschen, des Hundes, der Katze, nicht in der des Rindes, pathologisch im icterischen Harn, Blut, Gewebs-säften. Mit den Alkalien bildet es wie eine einbasische Säure Verbindungen. Seinen Nachweis vergleiche man bei Galle. Wie M. HERMANN nachgewiesen hat, bildet sich der Gallenfarbstoff aus dem Blutfarbstoff in der Blutbahn. Spritzt man Hunden Hämoglobinslösungen in die Jugularvene, so wird bald darauf im Harn Gallenfarbstoff ausgeschieden, und die Galle selbst wird reicher an Farbstoff um das 4—67fache (JOHANNES FÜRST TASCHANOFF). So kann ein hämato-gen er Icterus entstehen.

Durch Oxydation, z. B. an der Luft und mit Salpetersäure, geht aus ihnen hervor, kommt aber in der menschlichen Galle normal nicht vor das

**Biliverdin**:  $C_{16}H_{20}N_2O_5 = \text{Bilirubin} + H_2O + O$ . Möglicherweise findet es sich in grüner Rindsgalle, in grüner Menschengalle, grünem icterischem Harn, dem grünen Erbrechen. Kranker gibt es sicher seine Färbung, hier beginnt der Farbenwechsel der Gmelin'schen Probe (cf. diese) mit der blauen Farbe.

**Bilifuscin**:  $C_{16}H_{20}N_2O_4 = \text{Bilirubin} + H_2O$  findet sich in geringen Mengen in menschlichen Gallensteinen.

**Biliprasin**:  $C_{16}H_{22}N_2O_6 = \text{Bilirubin} + 2H_2O + O$  in menschlichen Gallensteinen, Rindsgalle, wahrscheinlich häufig in icterischem Harn.

**Bilicyanin** nennen HEYNSIUS und CAMPBELL den bisher nur spectroscopisch charakterisirte blauen Farbstoff, der bei der Oxydation des Gallenfarbstoffs (z. B. bei der Gmelin'schen Probe cf. diese) entsteht. Sie wollen ihn auch in dunkelgefärbtem Harn angetroffen haben.

**Choletelin**:  $C_{55},43; H_{5},3$  etc. nennt R. MALY das letzte Oxydationsprodukt des Bilirubins.

**Harnfarbstoffe**. Es sind verschiedene theils eisenfreie, theils eisenhaltige dargestellt worden. Wohl charakterisirt ist das Hydrobilirubin:  $C_{64},68; H_{6},93$  etc. SCHERER und JAFFÉ stellten aus dem Harn einen Farbstoff dar, das Urobilin (JAFFÉ), dessen Zusammenhang mit den Gallenfarbstoffen und damit seine Ableitung aus dem Blutfarbstoff namentlich durch R. MALY festgestellt wurde. HOPPE-SEYLER stellte diesen Farbstoff ausserhalb des Organismus durch Behandlung einer alkoholischen Lösung von Hämatin mit Zinn und Salzsäure d. h. durch Reduction, dar. Er ist also ein durch Reduction verändertes Spaltungsprodukt des Blutfarbstoffs. Das Urobilin ist identisch mit dem im Koth vorkommenden Farbstoff Stercobilin (VANLAIR und MASius). Es geht durch Reduction aus Bilirubin (und Biliverdin) hervor (R. MALY) und entsteht so z. B. durch Einwirkung des im Darm nascirenden Wasserstoffs auch im Organismus.

**Indican**,  $C_{26}H_{31}NO_{17}$ . Kommt im normalen Harn in geringer, im pathologischen Harn grösserer Menge vor, namentlich bei Leberkrebs, reichlich auch im Hundeharn, ertheilt dem Harn eine intensiv gelbe Farbe. Nachweis: Indicanreicher Harn, mit Salzsäure gekocht, lässt sofort einen feinpulverigen Niederschlag erkennen. 2) Von indicanarmem Harn mischt man 20—40 Tropfen in einer Proberöhre mit stark rauchender Salzsäure, die Mischung färbt sich rothviolett bis blau. Durch Zusatz von 2—3 Tropfen Salpetersäure wird die Empfindlichkeit der Reaktion gesteigert (v. GORUP-BESANEZ), am sichersten ist die Reindarstellung. — Indican stört den Nachweis der Gallenfarbstoffe im Harn. In faulendem Harn färbt es von selbst in Indigoblau über:  $C_8H_5NO$ , dunkelblaues amorphes Pulver.

**Urocyanin** (Uroglaucin, Harnblau) ist höchst wahrscheinlich unreines Indigoblau, Uro-rhodin ist wohl das noch wenig studirte Indigoroth (v. GORUP-BESANEZ).

Das Urohämatin (HARLEY) ist eine hochrothe, glänzende, amorphe Substanz, die durch ihren Eisengehalt und einige Reaktionen Aehnlichkeit mit dem Hämatin zeigt, wobei aber die bisher noch geringe chemische Charakterisirung des Hämatins selbst erinnert werden muss.

**Indol** wurde von KÜHNE und RADZIEWSKY als Produkt der Pankreasverdauung (unter der Wirkung der Fäulniss!) nachgewiesen. JAFFÉ und MASSON constatirten, dass sich das Indol

Organismus in Indican umwandle. Das letztere entstehe sonach aus der Zersetzung der Eiweissstoffe durch Pankreaswirkung, welcher sich im Darne stets auf Spaltpilzen beruhende Fäulnisserscheinungen zugesellen sollten (?).

**Eiterfarbstoffe.** Es sind zwei mit Sicherheit aus blauem Eiter, der die Verbandstücke manchmal lebhaft blau färbt, dargestellt. Die Träger des Pigments im Eiter sind eine eigene Art von Vibrionen: *Vibrio lineola* EHRENB., welche auf eiternden Wunden und Verbandstücken vegetiren kann (LÜCKE), nach CHALVET sind es Pilze. Reines Pyocyanin erscheint in blauen mikroskopischen Nadeln und Blättchen. Löslich in Wasser, Alkohol, Chloroform, weniger in Aether. Mit Säuren färbt es sich roth, in Alkalien blau wie Lackmus. Durch reducirende Substanzen wird es entfärbt, auch durch unzersetzten Eiter, mit Luft geschüttelt wird es dann wieder blau. Darstellung und Nachweis: Die blauen Verbandstücke mit Wasser extrahirt, die Flüssigkeit mit Chloroform geschüttelt, was den Farbstoff — erst blau, dann grün werdend — aufnimmt. Zur abgegossenen Chloroformlösung wird etwas mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser gesetzt, das den Farbstoff aufnimmt. Diese rothe vom Chloroform getrennte Flüssigkeit wird mit Barytwasser neutralisirt, erwärmt, bis die blaue Farbe wieder auftritt, wieder mit Chloroform geschüttelt, aus der blauen Chloroformlösung krystallisirt das Pyocyanin beim Verdunsten. — Neben dem Pyocyanin kommt noch im Eiter vor

**Pyoxanthin**, ein gelber Farbstoff, der aus der ersten Chloroformlösung durch etwas Aether (Schütteln) aufgenommen wird. Vielleicht kommt im Eiter auch Indigo vor.

**Schweissfarbstoffe.** Es sind rothe (blutiger-Schweiss) und blaue nachgewiesen, über deren chemische Natur noch keine brauchbaren Angaben existiren. Der blaue Schweiss mag hier und da von Pyocyanin gefärbt sein. Bei Kupferarbeitern ist an Kupfersalze zu denken (als Wäscheverunreinigung?), Bizio fand einmal Indican im Schweiss.

**Hauptpigmente = Melanin**, schwarzes Pigment. Normal meist als Zelleninhalt in kleinen Körnchen, pathologisch in flachen rhombischen Krystalltafeln mit sehr spitzen Winkeln. Sehr wenig löslich, eisenhaltig. Im schwarzen Augenpigment fand LEHMANN 0,24% Eisen. Seine Formel ist nicht bekannt. Es kommt vor als Pigment der Choroidea, im KERN'schen Gewebe der Negerhaut und der Haut dunkelgefärbter Völker, sowie an dunklen Hautstellen der Europäer, in den Haaren, in den Lungen, Bronchialdrüsen, als schwarzes Pigment melanotischer Geschwülste, als schwarzer sedimentirender Farbstoff im Harn, als Pigment der Dinte mancher Cephalopoden, in den Pigmentzellen der Amphibienhaut. Sein Eisengehalt stellt es nahe an das Hämatin, von dem man seine Abstammung herleitet.

Ueber zufällige Körperbestandtheile vergleiche man bei Harn und a. a. O.

## Die chemischen Vorgänge zeigen in jeder Zelle eigenthümliche Verschiedenheiten.

Der Vorgang der Eiweisszersetzung sowie der Zersetzung der organischen Stoffe überhaupt ist in den verschiedenen Zellen ein verschiedener. Schon die primären Veränderungen, welche das Eiweiss in dem Inhalte der verschiedenen Zellen erfährt, sind verschiedener Natur, wie die Bildung des Caseins, des Myosins etc. beweist, je nachdem das Eiweiss zu einem Bestandtheile einer Milchdrüse oder einer Muskelzelle wird. Auch die Umwandlungen, welche die Albuminate erleiden bei ihrer Verwendung zur Bildung der Zellmembranen und der Zellzwischenmaterien, sind verschiedener Art, je nachdem sie in der einen oder anderen Zellengruppe vor sich gehen, wie die chemischen Verschiedenheiten des leimgebenden Stoffes, des Knorpel- und Hornstoffes, des elastischen Stoffes, des Mucins, die wir an getrennten Orten zu den angegebenen Zwecken benutzt finden, lehren.

Aehnlich verschieden verhalten sich in den anatomisch verschiedenen Zellen die weiteren Zersetzungs Vorgänge, welche zu den einfachen Produkten der regressiven Metamorphose führen, welche den thierischen Organismus endlich verlassen.

Leider ist die zoochemische Analyse in ihren Resultaten noch zu wenig fortgeschritten, als dass man für alle Zellen und Zellenderivate schon den Zersetzungsmodus genau bezeichnen könnte, doch liefern jene wenigstens vorläufig den Beweis des aufgestellten Satzes von der quantitativen aber auch qualitativen Verschiedenheit in den Zellenvorgängen. Der endliche Erfolg ist dabei jedoch überall der gleiche, stets werden schliesslich Kohlensäure, Wasser und Ammoniakverbindungen gebildet, aber der Weg, welcher zu diesem endlichen Ziele führt, ist ein verschiedener, wie sich aus der Vergleichung der in den verschiedenen Organen (cf. diese) gefundenen Stoffe ergibt, welche jeder physiologisch verschiedenen Zellengruppe ihr specifisches, originelles Gepräge ertheilen. Auch nach dem Lebensalter zeigen die chemischen Processe in den Zellen wesentliche Differenzen. In den Organen der Embryonen finden wir z. B. Glycogen und Zucker in solchen Mengen, dass CL. BERNARD und MARIGLIA den Fötus einen wahren Diabetiker nennen konnten. Der Zucker ist in allen Zeiten des späteren Fötallebens in der Mehrzahl der Organe und im Urin, in der Galle, in der Peritonealhöhlenflüssigkeit nachzuweisen. Im Urin, in den Nieren, in Hirn, Pankreas, Speicheldrüsen der Erwachsenen und Neugeborenen fehlt der Zucker, in den anderen Organen und Säften ist er auch bei Erwachsenen stets nachzuweisen.

Der Lebensvorgang in den einzelnen thierischen Zellen ist zwar dem Principe nach der gleiche, überall beruht er im Grunde fast ausschliesslich auf Rückbildung unter Sauerstoffaufnahme; in jeder Zelle jedoch werden diese Vorgänge modificirt nach den Functionen, die in dem Haushalte des Thierorganismus von ihr gefordert werden. Die Stoffzersetzung in dem Muskelgewebe, das den mechanischen Kraftleistungen vorzustehen hat, ist ein verschiedener Vorgang und führt primär zu anderen Produkten als die chemische Thätigkeit in den Leberzellen oder den Zellen der Magen- und Darmdrüsen, welche zu bestimmten chemischen Umgestaltungen von Stoffen verwendet werden zum Zwecke diese für den thierischen Organismus als Nahrungsflüssigkeit brauchbar zu machen. Als Beispiel diene für das Gesagte die Entstehung von Fleischmilchsäure im thätigen Muskel, von Salzsäure in der thätigen Magensaftdrüse. So wahr diese Sätze sind, so darf man doch nicht vergessen, dass, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, der Entwicklungsausgang für alle Zellen ein gemeinsamer ist, und dass, neben den Verschiedenheiten im Einzelnen, im Ganzen zwischen allen Zellen eine gewisse Gemeinsamkeit der stofflichen und physikalischen Lebensbedingungen existirt. Die Differenzen sind vielfach vorwiegend quantitativer Natur.

### Functionen der anorganischen Zellenstoffe.

Wir haben schon im Allgemeinen die Wichtigkeit der sogenannten Aschenbestandtheile des thierischen und pflanzlichen Körpers betont. In der Pflanze dienen sie theils dazu, den Pflanzenorganen als sogenanntes Skelet eine grössere

Festigkeit zu ertheilen, und sind somit schon von diesem Gesichtspunkte aus von grosser Bedeutung für das Pflanzenleben; noch wichtiger sind aber jene, z. B. die Kaliumsalze, die man in einer bestimmten Beziehung zur Erzeugung der organischen Stoffe erkannt hat. Es steht nach den besten Untersuchungen die Menge des in den Getreidesamen sich bildenden Eiweisses in einem geraden Verhältnisse zu den phosphorsauren Salzen, die der Pflanze als Nahrungsmittel zu Gebote stehen. Ein ähnliches Verhältniss scheint zwischen der Bildung der Pflanzensäuren und den Alkalien zu bestehen, ohne Kaliumsalze ist kein Wachsthum möglich. Ohne Wasser und Sauerstoff ist die Entstehung und Erhaltung alles organischen Lebens vollkommen undenkbar.

In der thierischen Zelle finden wir die organischen Stoffe ebenso wie in der Pflanzenzelle mit jenen anorganischen Stoffen gemengt oder chemisch verbunden. Auch hier scheinen sie den beiden oben angedeuteten Zwecken zu dienen. Zur Verleihung einer grösseren Festigkeit der Gewebe finden sich im thierischen Organismus vor allem die Verbindungen der Kalkerde mit Phosphorsäure und Kohlensäure verwendet. Die Festigkeit der Knochen und des verknöcherten Bindegewebes beruht auf einer Einlagerung in ihre Zwischenzellenmassen vornehmlich von phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk. Die Kaliumsalze scheinen für die Fleischbildung der animalen Organismen bei der Ernährung von grösster Bedeutung.

Sicher sind die verschiedenen anorganischen Bestandtheile, welche sich im Zelleninhalte gelöst befinden, die Hauptursache der Verschiedenheit der Oxydationsvorgänge in den verschiedenen Zellen. Das Vorwiegen der Phosphorsäure in dem Muskelgewebe und in der Nervensubstanz wird Veranlassung der dort so leicht entstehenden sauren Reaktion, das Vorwiegen der kohlensauren Alkalien in den Säften des Blutes, der Lymphe gibt diesen ihre Alkalinität. Es ist selbstverständlich, dass in sauren oder alkalischen Flüssigkeiten chemische Vorgänge sich wesentlich verschieden gestalten müssen, auch wenn in beiden die constituirenden Stoffe vollkommen die gleichen wären.

So wird uns schon durch diese Betrachtung der Werth der anorganischen Stoffe für die Zellenvorgänge verständlich, noch mehr werden wir in ihre Bedeutung in den Besprechungen des folgenden Capitels über Diffusionserscheinungen eingeführt werden. Die speciellen Auseinandersetzungen finden sich bei der Lehre von den Nahrungsstoffen, sowie bei den einzelnen Organen und Flüssigkeiten, vor allem bei dem Harn.

Im Einzelnen ist uns in Beziehung auf die Aschenbestandtheile noch sehr Vieles unklar. Wir stehen vor einem Räthsel, wenn wir sehen, dass die Vertheilung der anorganischen Stoffe nach den verschiedenen Zellengruppen eine Verschiedenheit erkennen lässt. Wir fragen vorläufig umsonst nach dem Grunde, dass in der Flüssigkeit des Blutes die Natriumsalze, in den geformten Blutbestandtheilen oder im Muskel etc. die Kaliumsalze vorwiegen lässt. Dass es für die Chemie der Zellen, in denen sie sich finden, von höchster Wichtigkeit ist, ob sie Kali oder Natron, vorwiegend phosphorsaure oder kohlensaure Salze enthalten, steht fest und wird uns noch weiter klar werden; woher ihnen aber die Fähigkeit der Aneignung der für ihre Zusammensetzung nöthigen anorganischen Stoffe ertheilt wird, ist ein Problem, für dessen Lösung wir heute nur spärliche Andeutungen zu geben vermögen (cf. Hydrodiffusion, Lösung und Endosmose).



Die anorganischen Bestandtheile scheinen theilweise mit den organischen Stoffen in chemische Verbindung zu treten, in welcher Weise, ist fürs erste noch weiter erforscht.

Nach v. GORUP-BESANZ' Zusammenstellung sind folgende anorganische Bestandtheile thierischen Organismen physiologisch enthalten:

I. Wasser.

II. Gase: Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickstoffgas, Kohlensäuregas, Sumpfgas, Schwefelwasserstoffgas.

III. Salze: Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, Fluorcalcium, kohlensaures Natron, kohlensaures Kali, kohlensaures Ammoniak, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Bittererde, phosphorsaures Natron, phosphorsaures Kali, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaurer Bittererde, phosphorsaure Ammoniak-Bittererde, phosphorsaures Natron-Ammoniak, phosphorsaures Eisen (das Eisen auch noch in anderen unbekannten Verbindungen), salpetersaures Ammoniak, salpetrigsaures Ammoniak, schwefelsaure Alkalien, schwefelsaurer Kalk.

IV. Freie Säuren: Chlorwasserstoffsäure (Schwefelsäure), Kieselsäure.

## Mikrochemie und chemische Lebensthätigkeiten der Zellen und des Eies.

Im Allgemeinen gehen aus dem Vorstehenden die Hauptgesetze der chemischen Stoffmetamorphose in den animalen Zellen hervor, doch sind wir noch weit entfernt, über die Vorgänge im Einzelnen uns genügende Rechenschaft geben zu können. An die Beobachtungen, auf die wir bisher fussten, reihen sich noch mikrochemische Untersuchungsergebnisse an, die uns einen Einblick in die Stoffvertheilung und Stoffwandlung in den Einzelzellen der verschiedenen Gewebe gewähren.

Wir sehen die Lebenserscheinungen der Zellen an das Vorhandensein und die Thätigkeit des Protoplasmas geknüpft, es ist dieses, wenn wir uns der Ausdruckweise KÖLLIKER's bedienen wollen, »der vorzugsweise lebende Stoff der Zellen«, an ihm läuft der Stoffwechsel der Zellen hauptsächlich ab, die Bildung der übrigen Zellenstoffe hat in ihm seinen Ausgangspunkt, ein Theil derselben sind nur als Ausscheidungen, Differenzirungen desselben zu betrachten, die Ernährungsvorgänge der Zellen haben einen Hauptzweck in der Bildung neuen Protoplasmas. Ueber die Verschiedenheit des Protoplasmas in den einzelnen Zellen wissen wir noch wenig. Der Hauptbestandtheil des Protoplasmas aller Zellen scheinen im Wasser gequollene Albuminate, nach HOPPE-SEYLER wenigstens zwei Globuline: Myosin und Vitellin, oder noch höher zusammengesetzte Stoffe zu sein, welche wie das Hämoglobin durch ihre Zersetzung Albuminate liefern, daneben finden sich constant im Protoplasma entwicklungsfähige und sich entwickelnde Zellen und andere für die Zellchemie wichtige Stoffe: Lecithin, Cholesterin, Glycogen (Kohlehydrate), Kaliumverbindungen. Weniger constant sind Fetttropfchen und andere körnige z. Thl. gefärbte Einschlüsse. Das Wasser des Protoplasmas ist verschieden fest an die Protoplasma Stoffe gebunden (cf. unten Molecularstruktur lebender Gewebe). Es durchtränkt z. Thl. als Zellsaft das gequollene Protoplasma als eine wahre Eiweiss-Lösung.

Mit Recht kann man die chemischen Vorgänge in den animalen Zellen ebenso mit dem Protoplasma in ursächliche Verbindung bringen, wie wir sie



den Pflanzenzellen unzweifelhaft an die Anwesenheit des Protoplasmas und seiner Produkte z. B. Chlorophyllkörper geknüpft sehen.

Wir sehen die Lebensthätigkeiten der Organe mit der Bildung organischer Säuren, z. B. Fleischmilchsäure verlaufen, deren Entstehen um so reichlicher stattfindet, je lebhafter die Thätigkeit der Organe ist. So sehen wir die neutrale oder schwach alkalische Reaktion des Muskel- und Nervengewebes durch angestrengte Thätigkeit in eine saure Reaktion umschlagen. Diese chemische Umwandlung des Zelleninhaltes geht, wie es scheint, meist von dem Zellkern aus, der in der lebenden Zelle fortwährend eine saure Reaktion erkennen lässt (BEALE, KÖLLIKER, J. RANKE), im Gegensatz zu seinen alkalischen Umgebungen. Diese saure Reaktion kennzeichnet sich in der Eigenschaft des Kernes, sich in neutraler Lösung von carminsaurem Ammoniak rasch und bleibend roth zu färben (GERLACH) durch Fixirung von Carminsäure. Die Säurebildung findet sonach, offenbar unter besonders starker Einwirkung des in die Zelle aufgenommenen Sauerstoffs, beständig im Zellkerne statt, bei der gesteigerten Thätigkeit (und dem Absterben) der Zelle wird diese Säurebildung so mächtig, dass sich saure Reaktion in der Gesamtzelle und ihrer Umgebung geltend macht, die sonst von den alkalischen umspülenden Gewebs- und Zellsäften neutralisirt wird.

Der Stoffwechsel des Protoplasmas ist nach dem Vorstehenden mit der Bildung einer organischen Säure (z. B. Fleischmilchsäure) verknüpft, die höchstwahrscheinlich selbst wieder als das Zersetzungsprodukt einer höher zusammengesetzten Verbindung, z. B. eines Kohlehydrates, einer Zuckerart angesprochen werden darf. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass diese fraglichen Fleischmilchsäure liefernden Stoffe wenigstens zum Theil Zersetzungsprodukte der Albuminate sind. Vielleicht haben wir hier das eine Produkt der Spaltung der Albuminate, die (LIEBIG) einen oder mehrere stickstofffreie und einen oder mehrere stickstoffhaltige Stoffe liefern soll. KÖLLIKER ist es gelungen, auch das Entstehen eines Stoffes der zweiten Gruppe, der stickstoffhaltigen Körper, welche mit dem Harnstoff in mehr oder weniger naher Verwandtschaft stehen, aus dem eiweissreichen Protoplasma sicher nachzuweisen, was bisher bei Muskeln und Nerven noch nicht mit der genügenden Sicherheit möglich war. Das eiweissreiche Protoplasma der Zellen der Leuchtorgane von Lampyrus unterliegt zeitweilig einer so lebhaften Sauerstoffeinwirkung, dass dabei Lichtentwicklung entsteht. KÖLLIKER konnte mikroskopisch nachweisen, dass dabei harnsaures Ammoniak gebildet wird, eine Entdeckung, die theoretisch vom grössten Werthe ist.

Die Zellen der animalen Organismen enthalten wie die Pflanzenzellen entweder mehr oder weniger gleichmässiges Protoplasma, oder es zeigen sich Flüssigkeiten, Zellsaft, aus diesem ausgeschieden. KÖLLIKER nennt die ersteren Zellen, zwischen denen und den folgenden viele Uebergänge existiren, monoplasmatische im Gegensatz zu der zweiten Art, den diplasmatischen Zellen. Die animalen Zellen gehören in der Jugend und während ihres normalen Lebens der überwiegenden Mehrzahl nach der ersten Gruppe an. Deutlich diplasmatisch sind die Fettzellen, bei denen das Protoplasma auf ein geringes Minimum um den Kern reducirt sein kann, während der übrige Zellraum von flüssigem Fett erfüllt ist. Dasselbe ist bei den Leberzellen bei reich-

lichem Fettgehalt der Nahrung, z. B. bei säugenden Thieren der Fall. An die Abscheidung fester Substanzen aus dem Protoplasma reiht die Zellen, denen das stattfindet, an die diplasmatischen an. So finden sich Pigmentkörner die Eiweissblättchen (Vitellin) im Dotter, Körner von harnsauren Salzen und Kalksalzen in den Zellen niederer Thiere. Bei den Zellen der Drüsen geschieht, wenn nicht der ganze Zellinhalt in Sekret umgewandelt und damit die Zelle zerstört wird, meist ein Theil der Zelle, ihr Protoplasma, zu erhalten und seine Verluste neu zu ergänzen, während daneben beständig Stoffe aus dem Protoplasma abgeschieden werden, die als Drüsenzellensekrete die Zelle verlassen (cf. Verdauungsdrüsen). Am deutlichsten ist dieser Vorgang der Abscheidung der Zellensekrete aus dem Protoplasma bei einzelligen Drüsen (S. 38), die neben dem Hohlraum, der die Ausscheidungen aufnimmt, welche durch den Ausführungsgang der Drüsenzelle entfernt werden, noch eine mehr oder weniger reichliche Protoplasamenge bewahren.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch die von Protoplasma ausgeschiedenen Stoffe, z. B. die Zellsäfte und Zellmembranen einen fortgesetzten Stoffwechsel und Erneuerung ihrer Bestandtheile erleiden. Für den Wechsel des Zellsaftes macht KÖLLIKER als auf eines der hierfür belehrendsten Beispiele die schon angeführten fetthaltigen Zellen, z. B. aus der Leber säugender Thiere und die eigentlichen Fettzellen aufmerksam, aus denen das zeitweise massenhaft angehäuften Fett ganz verschwinden kann. Auch die Zellmembranen und -Kapseln unterliegen dem Stoffumsatz, wie man z. B. aus der oben erwähnten an die Bildung der Tüpfelzellen bei Pflanzen erinnernden Usur der Kapseln der Knorpelzellen bei Rachitis abnehmen kann.

Der diplasmatische Zustand der Zellen, z. B. der Drüsenzellen, ist als Vorläufer der Zellenausscheidung, wie schon angedeutet, aufzufassen; man findet sich aber auch bei Zellen lebhaft Abscheidungen aus der Zelle, wenn sie auch keine Sonderung des Zellinhaltes in Protoplasma und Zellsaft erkennen lassen. Die Abscheidungen sind theils fester, theils flüssiger Art. Zu den festen Abscheidungen rechnet KÖLLIKER die Zellmembranen mit intercellularsubstanzen, die vor allem bei dem Bindegewebe mächtig entwickelt vorkommen und neuerdings meist als umgewandeltes Protoplasma gedeutet werden (S. 28 ff.), und die Cuticularbildungen. Die Stoffe, welche diese festen Zellabscheidungen bilden, hat die Zelle nicht von aussen direct bezogen, sie in den Ernährungsflüssigkeiten nicht enthalten sind. Schleim, leimgebende chondringebende, elastische Substanz, bei den Tunicaten die Cellulose, sind aus dem Nährmaterial durch die specifische Zellenthätigkeit aus dem Protoplasma erzeugt. Die primären animalen Zellmembranen stimmen in ihren Eigenschaften nur theilweise mit der elastischen Substanz überein; ihr Bildungsstoff steht den Eiweisskörpern noch sehr nahe, deren mikrochemische Reaktionen sie geben, sie werden aber durch Magensaft und verdünnte Säuren nur wenig angegriffen, sodass man sie durch diese Einwirkungen von den Albuminaten trennen kann. Viele Zellen scheiden flüssige Zwischenprodukte, Zwischenzellenflüssigkeiten, aus, hier haben wir an die Blut-, Lymph- und Chylusflüssigkeiten, aber auch an die Drüsensäfte und Parenchymsäfte zu denken, die auf Rechnung von Zellenthätigkeit zu setzen sind. Die Abscheidung von Flüssigkeiten zeigt insofern eine Verschiedenheit, als eine

llen Stoffe ausscheiden, die ihnen vom Blut zugeführt wurden, wie z. B. die Erenzellen, andere Zellen aber analog den genannten festen Abscheidungen Stoffe abgeben, die sie durch ihre specifische Lebensthätigkeit in sich gebildet haben, wie die Zellen der Leber, der Magensaftdrüsen.

Die ganze Zelle unterliegt mit allen ihren Organen und Bestandtheilen dem Stoffumsatz.

Der Stoffumsatz in den Zellen ist an eine Aufnahme von Sauerstoff gebunden, ein Vorgang, den man im Allgemeinen als *Zellenrespiration* bezeichnen kann. Was von den Geweben bekannt ist, dass sie dem Blute und unter normalen Bedingungen der Luft Sauerstoff zur Unterhaltung ihrer Thätigkeit entziehen und theils sogleich verwenden, theils zur Verwendung in sich in irgend einer Weise aufspeichern, um von diesem Vorrath zu zehren, das zeigen auch die einzelnen Zellen. Einzellige Thiere und Pflanzen respiriren; bei Thieren, die durch Tracheen (cf. Athmungsorgane) athmen, verzweigen sich diese Luftcanäle nicht nur an den Zellen, sondern dringen sogar in diese ein, wie in die Zellen der Spinnorgane der Raupen und in die Muskelzellen (KÖLLIKER).

Offenbar steht der Stoffwechsel in den Zellen auch unter Nerven Einfluss. Wir sehen ihn dadurch zeitweilig enorm gesteigert werden, wie in dem thätigen Muskel- und Nervengewebe oder in den Leuchtorganen der Lampyris, in den Drüsenzellen des Verdauungsapparates etc. Wie wir uns diesen Nerven Einfluss zu denken haben, ist noch nicht sicher festgestellt, electricische Vorgänge und reichlicheres Zuströmen von Ernährungsflüssigkeiten spielen hier eine Rolle.

Man betrachtet, wie aus der Darstellung der Formverhältnisse der Zellen hervorging, die **Eizelle** gewöhnlich als den Typus der Zellen, da sich alle folgenden aus ihr entwickeln. Die Eier oder deren Dotter, welche eine grössere, zur genaueren chemischen Analyse ausreichende Masse darbieten, bestehen jedoch der Hauptmasse nach nicht aus der eigentlichen Eizelle, sondern aus dem sogenannten Nahrungsdotter, der zwar das Material für den sich ausbildenden Organismus liefert, der aber doch nicht direct mit dem Protoplasma identificirt werden darf. Immerhin haben wir es mit dem ersten Nahrungsstoff zu thun, aus dem die animale Zelle ihre Bestandtheile bildet, und zwar zu einer Zeit, in der das specifische Zellenleben sich erst auszubilden beginnt, in der sonach die den Zellen gelieferte Nahrung möglichst schon die Zusammensetzung der Zelle selbst besitzen wird. Von diesem Gesichtspunkt aus ist die Physiologie der Eier der Vögel, Amphibien und Fische, die eine nähere Untersuchung erfahren haben, von Wichtigkeit für die Lehre von dem Einzelleben der Zelle. Leider sind die Resultate auch bei ihnen noch wenig genügend.

Im Eidotter sind mit Sicherheit folgende Stoffe nachgewiesen: Eiweissstoffe, vorwiegend Vitellin, Fette (Olein und Palmitin), Lecithin, Nuclein, ein gelbes und ein rothes eisenhaltiges Pigment (cf. Retinalpigment), Traubenzucker, Cholesterin und Salze, unter diesen Kalk- und Kalisalze, aber auch mehr Natronsalze und Phosphorsäure. Die Zusammensetzung entspricht also etwa der des Protoplasmas, wie wir sie oben zu geben versucht haben. Das sogenannte Eierweiss, welches die Dotter der Vogeleier umhüllt, besteht ausser reichlich Wasser vorzüglich aus Albuminaten und zwar hauptsächlich in Salzen

gelöstes Albumin, wenig Kalialbuminat und nur Spuren von Globulin, ausserdem ziemlich viel Traubenzucker (8% der festen Stoffe) und Asche (3% der festen Stoffe), die reich an Chlor und arm an Phosphorsäure ist, aber überwiegend Kalisalze enthält, daneben Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Kieselerde, welche bei der Bildung der Federn Verwendung findet.

Zur Entwicklung bedarf das Ei der Zufuhr von Wärme und Sauerstoff, es zeigt eine vollständige animale Respiration. In dem stumpfen Ende des Hühnereies befindet sich ein mit Luft gefüllter Raum, in welchem nach BISCHOFF im Mittel 23,5 Volumenprocente Sauerstoff sich finden, also mehr als in der atmosphärischen Luft, welche in 100 nur 20 Volumina Sauerstoff (= 23 Gewichtsprocente) besitzt. Diese Luft wird als Athemreserveluft angesehen. Ausserdem muss dem sich entwickelnden Ei beständig Sauerstoff zugeführt werden, für welchen es Kohlensäure und Wasser ausscheidet. Nach den Beobachtungen BAUMGÄRTNER's, der Hühnereier in einem Apparat künstlich ausbrütete, in dem er die aufgenommene Sauerstoffmenge und die abgegebene Kohlensäure und das Wasser bestimmen konnte, verloren die Eier in 20 Tagen bis zum Ausschlüpfen des Hühnchens 26,82% an Gewicht unter Aufnahme von 6,29% Sauerstoff und Abgabe von 8,442% Kohlensäure und 24,69% Wasser. Das Volum des eingeathmeten Sauerstoffs ist stets etwas grösser als das der expirirten Kohlensäure, da der Sauerstoff nicht nur zur Bildung der Kohlensäure und eines kleinen Theils des Wassers, sondern zur Bildung auch anderer Stoffwechselprodukte verwendet wird, die das Ei nicht verlassen. Die weiteren Stoffwechselvorgänge im Ei sind im Einzelnen noch sehr wenig bekannt. Im Allgemeinen entsprechen sie den für die animalen Zellen bisher erkannten Gesetzmässigkeiten.

Wenn wir auch nicht verkennen dürfen, dass uns die Wissenschaft schon jetzt die allgemeinen Principien für die Beurtheilung der chemischen Vorgänge in den Zellen der Pflanzen und Thiere geliefert hat, so bleibt doch in Beziehung auf die einzelnen Akte der Zellenthätigkeit der Forschung noch eine grosse Aufgabe zu lösen, die um so wichtiger ist, da nicht nur die Formbildung, sondern auch die Kräfteerzeugung in den Zellen und durch die Zellen von der Thätigkeit des Zellenchemismus bedingt werden.

F. C. CALVERT machte Versuche über die Frischerhaltung der Hühnereier unter Einwirkung verschiedener Gase. Er constatirte, dass sie sich gar nicht verändern, wenn sie in ganzer oder verletzter Schale unter Kohlensäure aufbewahrt würden. Auch im trockenen Sauerstoff verhält sich das Ei bei unverletzter Schale Monate lang chemisch unverändert. In anderen Gasen schimmeln die Eier zunächst auf der Oberfläche.

Die Eier der Fische und Amphibien. In dem Dotter der unreifen Eier der Schildkröten, der Batrachier und Knochenfische finden sich krystallähnliche Blättchen: Dotterblättchen von wechselnder Gestalt und Zusammensetzung, nach RADLKOFFER wahre doppelbrechende Krystalle (cf. folgendes Capitel). Sie zeigen weder vollkommen das mikrochemische Verhalten des Eiweisses, noch das der Fette (VIRCHOW), sie enthalten nach VALENCIENNES und FREMY so viel Phosphor, dass es wahrscheinlich erscheint, dass dieselben aus einer Verbindung von Vitellin mit Lecithin bestehen (Paravitellin nach GOBLEY); man bezeichnete diese Stoffe bisher als Ichtin, Ichtidin, Ichtulin, Emydin, scheint aber bei der Untersuchung stets unreine Substanzen vor sich gehabt zu haben. Diese farblosen und starkglänzenden Krystalle oder Krystalloide zeigen in den Eiern einzelner Species constante Formen. Bei *Raja clavata* sind es rechtwinkelige Tafeln, bei *Squalus galeus* sind sie hexagonal, bei *Rana* quadratisch.

isch oder kreisrund bei *Torpedo marmorata*. Nach GOBLEY's Untersuchungen zeigen nisch die Karpfeneier und das Eigelb der Hühnereier eine gewisse Uebereinstimmung JOURN-BESANEZ..

	Hühnerei	Karpfenei
	in ‰	in ‰
Wasser . . . . .	51,486	64,080
Feste Stoffe . . . . .	48,514	35,920
Vitellin resp. Paravitellin . . . . .	15,760	14,060
Palmitin und Olein . . . . .	21,304	2,574
Cholesterin . . . . .	0,438	0,266
Phosphorhaltige Fette . . . . .	8,426	—
Lecithin . . . . .	—	3,045
Cerebrin . . . . .	0,800	0,205
Extraktivstoffe . . . . .	0,400	0,389
Pigmente . . . . .	0,553	0,038
Chlorammonium . . . . .	0,034	0,042
Chlornatrium und Chlorkalium	0,277	0,447
Schwefelsaures und phosphorsaures Kali		0,037
Phosphorsaure Erden . . . . .	1,022	0,292
Membransubstanz . . . . .	—	14,580

Eier der Schlangen. HILGER fand in dem Eidotter der Ringelnatter: Vitellin, Cholesterin, Eialbumin, Alkalialbuminat und 8—9‰ Fett. Die Schale enthielt einen Elastin ähnlichen organischen Körper, kohlensauren, phosphorsauren und wenig schwe-uren Kalk und Spuren von Eisen und Kieselsäure (?).

## Drittes Capitel.

### Die Physik der Zelle.

---

#### Vom Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Die Elementarstoffe, an welchen das animale und pflanzliche Leben zur Erscheinung kommt, sind von den Stoffen der anorganischen Natur nicht verschieden; die gleichen Elementarbestandtheile bilden Luft und Boden und gehen in die Zusammensetzung der lebenden Organismen ein.

In unseren vorausgehenden Betrachtungen lernten wir den Kreislauf der Materie kennen, in welchem aus den anorganischen Stoffen Stoffe organischer Art gebildet und diese wieder zurück verwandelt werden in chemische Verbindungen, die den Charakter des anorganischen an sich tragen.

Dadurch, dass chemische Elementarstoffe in chemische Verbindungen irgend welcher Art eintreten, verlieren sie selbst Nichts an ihren chemischen Eigenschaften. Es wird durch die chemischen Verbindungen der Elemente nichts verändert, wodurch Stoffe mit ganz neuen Eigenthümlichkeiten entstehen, in welchen ihnen Nichts geändert. Durch die chemische Verbindung geht keine der Eigenschaften der vereinigten Stoffe absolut verloren. Man kann aus allen, auch aus den am complicirtesten zusammengesetzten chemischen Körpern die constituirenden einfachen Stoffe vollkommen nach Form, Gewicht und Kräften wieder erhalten, wie sie zur Bildung des betreffenden Körpers zusammengetreten sind.

Auch dann, wenn ein chemischer Stoff Bestandtheil eines lebenden Organismus geworden ist, verliert er Nichts an seinen ihm in anorganischem Zustande zugehörenden Eigenschaften.

Wir finden in den chemischen Vorgängen im Organismus das gleiche Spiel der chemischen Affinitäten und wechselseitigen Anziehung und Abstossung wie es sich in den anorganisch-chemischen Vorgängen zeigt. Die Salzbildung aus Säuren und basischen Körpern findet sich in den Flüssigkeiten der Zelle ebenso wie ausserhalb derselben; keines der Elemente verliert seine Fähigkeit sich mit Sauerstoff zu vereinigen; die Vereinigungsprodukte der Elemente mit Sauerstoff sind schliesslich die gleichen, welche sich auch in der anorganischen Natur als Verbrennungsprodukte der gleichen Elementarstoffe bilden. Der Kohlenstoff der chemischen Verbindungen des Organismus wird in dieselben schliesslich zu Kohlensäure, wie ausserhalb desselben; der Wasserstoff bildet



in beiden Fällen bei seiner Verbindung mit Sauerstoff Wasser. Der Lebensprozess selbst ist ein Scheidekünstler, welcher aus den organischen Stoffen die sie constituirenden Bestandtheile wieder zu gewinnen versteht, zum Beweise des Satzes, dass nirgends in der Natur Etwas, auch nur ein Atom von den vorhandenen Elementarstoffen verschwindet oder neu gebildet wird. Die Materie trägt für den Naturforscher den Charakter der unvergänglichen Beständigkeit. Ueberall wo das Auge des Menschen ein Neuentstehen von Stoff, ein Vergehen desselben zu erblicken meint, lehrt uns die Naturwissenschaft nur einen Wechsel der Form, Wechsel der chemischen Mischung der Materie kennen. Sie zeigt uns, wie aus luftförmigen, unsichtbaren Stoffen sich feste, sichtbare und greifbare Körper zusammensetzen können, die nach kürzerer oder längerer Zeit des Bestehens wieder zu vergehen scheinen, indem ihre Bestandtheile wieder die physikalischen Charaktere der Luft annehmen, die sie vor der Bildung des festen Körpers besessen haben.

Das eben vorgetragene naturwissenschaftliche Grundgesetz wird das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes genannt. Mit seiner Erkenntniss wurde die Chemie eine Wissenschaft.

Wie die Chemie eine Erhaltung des Stoffes lehrt, so basirt die neuere Physik auf dem analogen Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Auch die physikalischen Kräfte, welche wir in der Natur thätig sehen, wie Wärme, Electricität, mechanische Bewegung entstehen weder aus Nichts und in ihnen geht Nichts verloren. Ueberall wo wir scheinbar eine Kraft verschwinden sehen, verwandelt sie sich in Wahrheit nur in eine neue Kräfteform, und wir können keine Bewegung herstellen, der nicht ein gleichzeitiges Entstehen einer anderen Bewegung entspricht. Wir sehen z. B. Wärme in Electricität, Electricität in mechanische Bewegung, mechanische Bewegung in Wärme übergehen. Wir sehen diese Kräfte entstehen aus einem Kraftvorrath, aus Spannkraft, die in den Körpern gleichsam ruhend aufgespeichert sein kann. Rückwärts sehen wir aus anderen Kräfteformen wieder Spannkraft gebildet. Wir sind im Stande, die genannten Kräfte willkürlich die eine in die andere zu verwandeln. So beständig wie die Materie selbst, sind auch die an ihr wirkenden Kräfte. Wie nirgends ein Elementarstoff entsteht oder vergeht, ebenso wenig entsteht eine Kraft aus Nichts oder geht in das Nichts zurück. Alle Kräfte, denen wir in der Natur begegnen, sind nur Umwandlungsprodukte der einen grossen, mechanischen Kraft, welche das ganze Weltall in Bewegung erhält.

Die Bewegungserscheinungen, welche wir von den animalen Organismen ausgehen sehen, die ganze Kräfteentwicklung derselben scheint principiell von den Kräfteentwickelungen der anorganischen Welt verschieden zu sein.

Wo fänden sich passende Analogien in der anorganischen Natur mit den Bewegungsvorgängen in den Nerven? Das seelenvolle Spiel der Gesichtsmuskeln scheint Nichts mit der Mechanik unserer Instrumente gemeinsam zu haben.

Es war der grösste Fortschritt der Physiologie, als sie trotz des gegentheiligen Anscheines, für welchen noch das menschliche Selbstgefühl Partei nehmen zu müssen schien, erkannte, dass auch die Kräfte des thierischen und menschlichen Organismus von dem Gesetze der Erhaltung der Kraft keine Ausnahme machen. Wenn es der Forschung auch in manchen Einzelfällen noch nicht mit

voller Sicherheit gelungen ist, den Modus der Kräfteübertragung in den kraft producirenden Organen zu erkennen, so steht doch als unumstössliche Thatsache für alle Zeiten fest, dass die mechanischen Kraftleistungen der Thiere und Menschen unter Umständen zu Stande kommen, unter denen solche auch in der anorganischen Natur auftreten. Die thierische Wärme, die mechanische Arbeit, die Electricitätsentwicklung, die Ortsbewegungen der Flüssigkeiten und Gase, alle Bewegungserscheinungen, die uns bisher im Organismus des Menschen und der Thiere bekannt geworden sind, gehen in ihnen im Grunde nach denselben Gesetzen vor sich, stammen absolut aus den gleichen Quellen, welche wir bei ihrem Auftreten und ihren Wirkungen an anorganischen Körpern nachweisen können. Die physikalischen Kräfte, welche in der anorganischen Welt wirken, sind, wirken in gleicher Weise auch an den in organische Verbindung eingegangenen Stoffen. Wir werden in folgenden Besprechungen Gelegenheit finden, die Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus und in ihm eingehend zu betrachten. Es wird sich zeigen, dass die Gesetze der Bewegung des Pendels, des Hebels ebenso wie in der technischen Mechanik auch hier ihr Recht behalten. Wir werden die thierischen Functionen abhängig finden vom Luftdruck, von dem Drucke der einzelnen die Atmosphäre constituirenden Gasarten. Der Austausch der Flüssigkeiten, der Uebergang von Lösungen aus einer Zelle in die andere geht im Allgemeinen in gleicher Weise vor sich, wie sich ausserhalb der Zelle die Stoffe mischen.

Der grösste Antheil der vom thierischen Organismus selbst producirten Kräfte zeigt sich als Wärme, Electricität und mechanische Bewegung. Sie stammen, wenn man von den specifischen Eigenthümlichkeiten dieses Vorganges in den Zellen, die in dem vorstehenden Capitel entwickelt wurden, abstrahirt, aus einer Kräftequelle, welche auch von der praktischen Mechanik zur Kraftenerzeugung im ausgedehntesten Maasse benutzt wird: aus der Oxydation. Die genannten Kräfteformen werden frei dadurch, dass sich die Körperbestandtheile mit Sauerstoff verbinden.

Zu der Constitution der freien Elementarstoffe gehört neben den anderen Eigenschaften, die sie charakterisiren, auch ein bestimmter Kraftvorrath, eine Summe von Spannkraften, welche unter Umständen in wirkliche Arbeitsleistung übergeführt werden kann. Die chemischen Verbindungen der Elementarstoffe unter einander lassen im Ganzen eine geringere Menge von Spannkraften an sich erkennen, als die einfachen, unverbundenen Elemente selbst. Es ist daraus klar, dass bei der Verbindung der Elemente unter einander, z. B. bei der Verbindung mit Sauerstoff zu Oxydationsprodukten, oder wenn sich Oxydationsprodukte — Säuren und Basen — mit einander vereinigen etc., die Elemente ihrer Spannkraft zum Theil oder gänzlich verlustig gegangen sind. Nach dem Principe der Erhaltung der Kraft kann dieses Verlorene kein absolutes sein, und wirklich sind wir im Stande, die von den Elementarstoffen bei ihrer Vereinigung freigewordenen Spannkraften als Bewegungen der Materie wieder aufzufinden: als Wärme, Licht, Electricität, mechanische Bewegung: Arbeit.

Was verstehen wir unter Spannkraften? Die Spannkraften, der Kraftvorrath werden stets in die Körper hineingearbeitet, es muss eine bestimmte Summe von Kraft aufgewendet, verbraucht werden, um einem Körper eine bestimmte Men-

... eine Leinwand befestigt, die über eine Rolle an der Decke des Zimmers  
... welcher wir es in die Höhe ziehen können. Dort verweilt es, wenn  
Sehnur irgendwie befestigen, vorläufig ebenso regungslos wie zuvor auf  
e, allein indem wir einen Zwischenraum zwischen Erde und Gewicht  
A haben, wurde diesem die Fähigkeit zur Erzeugung einer Bewegung  
m. Das Gewicht kann fallen und während seines Herabfallens eine  
ie in Bewegung setzen oder andere Arbeit leisten. Durch das Heben  
r Erde wurde dem Gewichte eine Arbeitsfähigkeit ertheilt, die wir als  
rath oder mit HELMHOLTZ als Quantität der Spannkraft bezeich-  
e rührt in dem speciellen Fall von dem Zug der Schwere, der gegensei-  
ziehung des Gewichtes und der Erde her, welche aber noch nicht in  
ung übergegangen ist. Lassen wir das Gewicht fallen, so wird es in  
Augenblick durch die Schwere abwärts gezogen und seine gesammte Be-  
zskraft ist die Summe aller dieser einzelnen Wirkungen. Während des  
allens wird der Arbeitsvorrath, den wir durch das Heben dem Gewichte  
haben, wirksam, die mögliche Arbeit wird in wirkliche Arbeit  
tzt. Hat das Gewicht den ersten Fuss seines Falles vollbracht, so ist die  
h. die es gegen den Boden zieht, um die Quantität verringert, die nöthig  
den Fall durch einen Fuss zu bewirken. Sein Arbeitsvorrath ist um  
Fuss« vermindert, allein das Gewicht besitzt nun eine äquivalente Quan-  
o wirksam gewordener oder lebendiger Kraft, welche, in entgegen-  
r Richtung angewendet, das Gewicht wieder auf seine ursprüngliche  
ben würde; wenn also Arbeitsvorrath verschwindet, tritt dafür leben-  
raft als Arbeitsleistung auf. Die Summe dieser beiden  
sgrößen bleibt sich durch das ganze Weltall gleich.  
Princip, nach welchem es, wie schon oben gesagt, ebenso unmöglich ist,  
der Arbeit zu erschaffen oder zu vernichten, als Stoff zu erschaffen oder  
ichten, ist das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.  
dem Arm. der das Gewicht hebt. wurde eine entsprechende Quantität



, um 1 Kilogramm Wasser von 0° auf 1° Celsius zu erwärmen. Als Arbeitseinheit, Arbeit, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm auf 1 Meter Höhe zu heben; man Arbeitseinheit kurz 1 Kilogramm meter. während man die definierte, als Maass Wärmemenge als 1 Wärmeinheit bezeichnet.

Anwendung dieser Grössen können wir nach dem Gesagten eine Zahl angeben, welche x, wie viel Arbeitseinheiten durch den Verbrauch einer Wärmeinheit geleistet werden, und umgekehrt, wie viele Arbeitseinheiten verbraucht werden, um eine Wärme zu liefern. Diese Zahl, die experimentell festgestellt werden musste, wird das mechanische Aequivalent der Wärme genannt. Für die obigen Grössen beträgt es : 480. Wenn wir andere Arbeitseinheiten zu Grunde legen, z. B. das Fusspfund (cf. 495) oder das Gramm meter, so wird die Zahl natürlich eine entsprechend andere. Nach diesen Ergebnissen im Stande, durch Verwendung von 1 Wärmeinheit gramme 1 Meter hoch zu heben. Umgekehrt müsste die gleiche Arbeit: 480 Kilogram meter verbraucht werden, z. B. durch Reibung oder unelastischen Stoss, um 1 Wärme zu liefern, d. h. um 1 Kilogramm Wasser von 0° auf 1°C. zu erwärmen.

Engländer JOULE, der sich um die Lehre von der Erhaltung der Kraft neben den Begründern derselben in höchster Weise verdient gemacht hat, hat das mechanische Aequivalent der Wärme wirklich durch den Kraftaufwand bestimmt, der erforderlich ist, die Temperatur von Wasser oder Quecksilber durch Reibung mit einem Schaufelrad, ein fallendes Gewicht in Bewegung gesetzt wurde, um eine bestimmte Grösse zu

Umgekehrt kommt man zu sehr wenig abweichenden Resultaten, wenn man die bestimmt, welche durch Aufwendung einer gewissen Summe von Wärmeinheiten geschieht. Man muss zu derartigen Bestimmungen Fälle auswählen, in welchen durch die nichts anderes als äussere Arbeit, z. B. Heben einer Last, geleistet wird, was man dadurch möglich ist, dass man mit Hülfe eines vollkommenen Gases Wärme in setzt, indem man sich das Gas durch Wärme ausdehnen lässt. JOULE hat bewiesen, dass Ausdehnung eines Gases zur Entfernung der einzelnen Gasmoleküle oder -Atome nicht erforderlich ist, es gehört zum Begriff des Gases, dass sich die gleichartigen Atome nicht wie es die Atome der festen und flüssigen Körper thun, sondern abstossen. Bei der Erzeugung der Gase kostet sonach nur die Ueberwindung eines äusseren Widerstandes Man braucht also nur festzustellen, wie viel Wärmeinheiten wir einem Gase mehr

Aufwand von Kraft, die von aussen zugeführt werden muss. Es hat sonach bei festen und flüssigen Körpern die Wärme bei der Ausdehnung nicht nur äussere Arbeit wie bei Gasen, sondern auch innere Arbeit, die Ueberwindung der Anziehungskraft der Atome zu leisten. Es wird Wärme = Kraft gebraucht, um die der Ausdehnung entgegenstehenden äusseren Widerstände zu überwinden, es wird aber auch Wärme = Kraft verbraucht, um inneren Widerstände, die der Ausdehnung entgegenstehen, die Attraktion der Atome zu überwinden. Durch die zweite Kraftsumme, welche diese innere Arbeit leistet, wird eine Zustandsänderung in dem Körper hervorgerufen. Innere Arbeit und äussere Arbeit zusammen bilden die Leistung der zugeführten Wärme, deren Summe also bedeutender sein muss, wenn die äussere Arbeit allein hätte geleistet werden müssen. Die Wärme, welche zur Zustandsänderung des Körpers, zur inneren Arbeit der Auseinandertreibung der Atome verwendet wurde, ist in dem Körper angehäuft. Nähern sich die Atome einander wieder bis zur anfänglichen Ruhelage, aus der sie durch Wärmezufuhr entfernt wurden, so wird die ganze Wärmemenge, die dazu erforderlich war, wieder frei. So sehen wir bei dem Uebergang von Gasen in den flüssigen Zustand, bei dem Uebergang der flüssigen Körper in den festen Zustand, dass die Kraft = Wärmesumme wieder frei werden, welche zur Entfernung der Atome verwendet werden musste.

Die Gesetze der mechanischen Wärmetheorie finden natürlich in der Physiologie, wo es sich um Erklärung der Krafterzeugung im Organismus handelt, ihre Anwendung. Es ist von selbst klar, dass das für die Wärme Ausgesagte auch für alle anderen Kräfteformen (Electricität, chemische Kraft, Licht) Geltung behauptet, die ja alle nichts Anderes als Bewegungsarten sind, welche eine in die andere umgewandelt werden können. Man bedient sich zweckmässig bei derartigen Umrechnungen von einer Kraft auf die andere als Maasse derselben Einheiten, die wir oben kennen gelernt haben, der Wärmeeinheit und des Kilogrammeters. Die electromotorischen Kräfte z. B. entsprechen dem mechanischen Aequivalent der thermischen Wirkungen der chemischen Processe in den galvanischen Elementen.

Es ist von selbst klar, dass, wie schon angedeutet, das Gesetz von dem Gleichbleiben der Kraftsumme, der Summe von lebendigen Kräften und Spannkraften, nur für ein freies System seine Geltung haben kann, dem von aussen keine Kräfte zu- oder abgeführt werden können. Ein derartiges freies System von Kräften ist nur das Weltall, nur für dieses bleibt die Summe aller Kräfte constant. Da für das Weltall kein »Aussen« existirt, so können ihm weder Kräfte neu gegeben noch entzogen werden. Wenn wir dagegen unser Fixsternensystem, das Planetensystem unserer Sonne oder das Trabantensystem unserer Erde und ihres Mondes betrachten, so sind sie keine »freien Systeme«, in ihnen wird die Summe der Kräfte ab- und zunehmen können. Indem z. B. die Sonne ihre Wärme ausstrahlt, verliert sie Kraft, die zum Theil der Erde zu gute kommt, die dadurch an Kraftquantum gewinnt.

Von CLAUSIUS ist zu dem ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ein zweiter praktisch nicht weniger wichtiger Hauptsatz aufgestellt worden. Er tritt bei den Diskussionen meist nur in der mathematischen Zeichensprache als Formel auf. In Betreff desselben müssen wir auf die Originaluntersuchungen von CLAUSIUS verweisen. Mit Worten kann es (FICK) im Allgemeinen so ausgedrückt werden: Wenn bei einem Kreisprocesse ein gewisses Quantum Wärme in Arbeit verwandelt worden ist, so muss nothwendig gleichzeitig ein gewisses anderes Quantum von Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übertragen worden sein. Oder umgekehrt: Wenn Wärme von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übertragen werden soll, so muss eine gewisse Arbeit verwandt werden. Unter »Kreisprocess« versteht CLAUSIUS eine Kette von Vorgängen, in Folge deren ein Körper, durch dessen Vermittelung Wärme in Arbeit oder Arbeit in Wärme verwandelt wird, am Ende des Processes genau wieder in denselben Zustand zurückgebracht wird, in welchem er sich bei Beginn des Processes befand (FICK).

Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass manche Körper sich der Wärme gegenüber anders verhalten als die Mehrzahl der übrigen, indem sie sich innerhalb gewisser



renzen durch Zufuhr von Wärme nicht ausdehnen, sondern im Gegentheile verichten.

Das bekannteste Beispiel dafür ist das Wasser, das seine grösste Dichtigkeit bei  $+4^{\circ}\text{C}$ . besitzt, sich also bei Temperaturen über  $4^{\circ}\text{C}$ . und unter  $4^{\circ}\text{C}$ . ausdehnt. Wenn wir daher Wasser Wärme zuführen, so kann sich dieses unter Umständen anstatt auszudehnen verdichten. Das Wasser zieht sich zusammen, verkleinert sein Volum, verdichtet sich bei dem Abkühlen von höheren Temperaturgraden, bis es eine Temperatur von  $4^{\circ}\text{C}$ . erreicht; bei diesem Punkt hört die Zusammenziehung auf. Dies ist der Punkt der grössten Dichtigkeit des Wassers; von  $4^{\circ}\text{C}$ . abwärts bis zum Gefrierpunkt dehnt sich das Wasser wieder aus, und wenn es sich in Eis verwandelt, ist die Ausdehnung bedeutend, das Eis schwimmt daher auf dem Wasser. Wenn wir von  $0^{\circ}\text{C}$ . an Wärme dem Wasser zuführen, so zieht es sich durch die Wärmezufuhr zunächst, bis es  $4^{\circ}\text{C}$ . erreicht hat, zusammen, dann hört die Zusammenziehung auf und es tritt anhaltendes Ausdehnen ein. Auch geschmolzenes Wismuth-Metall dehnt sich bei dem Festwerden durch Erkalten aus.

Mit der mechanischen Wärmetheorie steht es in Einklang, dass, wenn ein Körper, z. B. ein Metall zusammengepresst, verdichtet wird, sich dabei Wärme entwickelt; werden seine Atome mechanisch aus einander gezogen, durch Dehnung z. B. eines Metalldrahts, so wird Wärme verbraucht, der gedehnte Körper erkaltet. Diese Thatsache ist fast allgemein richtig, wie die Untersuchungen von JOULE u. A. ergaben. Doch gibt es auch davon Ausnahmen, die das Verhalten des Wassers und des geschmolzenen Wismuth erinnern.

Kautschuk erwärmt sich, wenn er belastet ist, durch plötzliches Ausdehnen. WILLIAMS THOMSON, der diese Beobachtung, die gegen das allgemeine Gesetz verstösst, machte, vermuthete sogleich, dass diese Eigenthümlichkeit des Kautschuks mit der anderen verknüpft sei, würde, dass er sich durch Erwärmung nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht, kürzt; seine Annahme wird durch das Experiment bestätigt.

SCHULEWITSCH hat gezeigt, dass sich wie Kautschuk auch die quergestreifte Muskelsubstanz innerhalb gewisser Grenzen ( $2-28^{\circ}\text{C}$ . beim Frosch) durch Wärmezufuhr nicht ausdehnt, sondern contrahirt. Wir werden auf dieses Factum bei der Erklärung der Muskelcontraction zurückkommen.

In Beziehung auf das Maass der Wärme- und Arbeitseinheiten herrscht einige Willkür in der Bezeichnungsweise: Kilogramm-meter, Gramm-meter, sogar Gramm-Millimeter sehen wir abwechselnd als Arbeitseinheit gebraucht. Man muss sich dabei erinnern, dass die Zahl, welche die äquivalente Wärmemenge misst, unabhängig ist von der Wahl der Gewichtseinheit, wenn man zur Messung der Menge des Körpers und zur Bestimmung der Wärmeinheit dieselbe Gewichtseinheit benutzt. Bei der Benutzung des Fusses anstatt des Meters als Höhenmass, z. B. im Fusspfund, muss man sich für die Umrechnung auf Kilogramm-meter erinnern, dass 1 Meter = 3,1862 preussische Fuss ist. Die Engländer gebrauchen als Temperatureinheit oft nicht  $4^{\circ}\text{Celsius}$ , sondern  $4^{\circ}\text{Fahrenheit}$ ;  $5^{\circ}\text{Celsius}$  sind =  $9^{\circ}\text{Fahrenheit}$ . Fahrenheit nennt den Gefrierpunkt  $32^{\circ}\text{F}$ ., sein Siedepunkt ist also  $212^{\circ}\text{F}$ .  $30^{\circ}\text{C}$ . sind gleich  $86^{\circ}\text{F}$ ., wenn wir aber wissen wollen, welche Temperatur nach Fahrenheit =  $30^{\circ}\text{C}$ . ist, so müssen wir zu  $36^{\circ}\text{F}$ . noch die  $32^{\circ}\text{F}$ . unter  $0^{\circ}\text{C}$ . zurechnen;  $20^{\circ}\text{C}$ . sind also  $68^{\circ}\text{F}$ . Die normale menschliche Temperatur ist nach Fahrenheit's Thermometer  $100^{\circ}$ . Diese Andeutungen werden zur gelegentlichen Orientirung genügen. Die Erwärmung von 1 Pfund Wasser um  $1^{\circ}\text{C}$ . ist = 1390 Fusspfund nach der Berechnung der Engländer (TYNDALL).

## Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Auf den ersten Blick — zumal wenn man vergisst, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nur für ein »freies System«, nur für das gesammte Weltall Gültigkeit besitzt — könnte es erscheinen, als führte dieses Princip zu der Idee eines Perpetuum mobile. Wenn die Kräfte nicht verschwinden, wenn nur eine

Kraftform in die andere übergeführt wird, so könnte man daraus die Möglichkeit ableiten wollen, dass ein einmaliger Anstoss, wenn nur eine richtige Art der Uebertragung gefunden wäre, ununterbrochen fort Bewegung und Arbeit leisten können (cf. dagegen den zweiten Hauptsatz von CLAUSIUS S. 104).

Es gibt ein sehr sinnreiches Experiment: LIEBIG's Welt im Glase welches auf den ersten Blick das organische Leben in Pflanze und Thier als ein eigentliches Perpetuum mobile erscheinen lässt.

Das Experiment ist gegründet auf die Erfahrung über den Kreislauf des Stoffes aus der anorganischen in die organische Natur und aus dieser wieder in die anorganische zurück. Die Pflanze nimmt die anorganischen Sauerstoffverbindungen in sich auf und ertheilt ihnen durch ihren Lebensprocess die Spannkraft zurück, indem sie die Elemente von dem Sauerstoff trennt, welche diesen im freien Zustande angehören, sie ertheilt ihnen die Eigenschaft der Verbrennlichkeit. Das Thier nimmt die von der Pflanze mit Spannkraft versehenen Stoffe in sich auf, verbindet sie wieder mit Sauerstoff und benutzt die dadurch verwendbar gewordenen Spannkraft zu seinen mechanischen Leistungen. Die der Umgebung zurückgegebenen Elemente können wieder Bestandtheile der Pflanze und dabei mit Spannkraft versehen werden. So scheint der Kreislauf des organischen Stoffes die Lösung jenes Problems in Wahrheit zu enthalten.

Man brachte zum Beweise dieser Verhältnisse kleine Wasserthiere und Wasserpflanzen in ein luftdicht zum Theile mit Wasser, welches die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen und Thiere gelöst enthielt, gefülltes Glasgefäss. Das Leben geht hierbei seinen ungestörten Gang, die Thiere nähren sich von den Pflanzen, die aus den Ausscheidungsprodukten der Thiere ihre verloren gegangenen Organe wieder ersetzen.

Doch nur unter einer Bedingung geht dieses Spiel des Lebens ungehindert. Die Welt im Glase gedeiht nur dann, wenn sie sich unter Verhältnissen befindet, in welchen das Licht und die Wärme der Sonne auf sie einwirken.

schinen Lasten bewegen, mit denen der menschliche und thierische Körper die aktiven Bewegungen hervorbringt, durch welche sich das Thier von der Pflanze unterscheidet.

Wie schon erwähnt, dass im Dunkeln auch die chlorophyllhaltigen Pflanzen Kohlensäure zu zerlegen im Stande sind, sie athmen dann ebenso wie Thiere Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Sie unterliegen dann wie alle organischen kohlehaltigen Stoffe den langsamen Verbrennungsprozessen der Luft, es bildet sich aus der Kohle der Pflanze Kohlensäure. Die Thatsache, dass auch unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nur die grünen Pflanzentheile die Sauerstoffverbindungen zerlegen und Sauerstoff abgeben, während sie daneben wie die übrigen nicht grünen Theile stets Kohlensäure aushauchen vermöge des im Cap. II geschilderten Pflanzenstoffwechsels, macht verständlich, warum die Pflanzen, besonders die Blüthen, wie die Thiere eine etwas höhere Temperatur besitzen als die umgebende Atmosphäre; es beruht diese auf gleichzeitig neben den Reductionen in der Pflanze sich gehenden Oxydationen, die einen Theil der aufgehäuften Spannkräfte der Pflanze selbst wieder in lebendige Kräfte überführen. Auf dem Grunde beruhen die Bewegungs- und Electricitäts-Entwickelungen in den Pflanzen.

Die pyrheliometrischen Messungen von Pouillet und Anderen geben Anhaltspunkte zur Orientirung über die Grösse der Kraftmenge, welche fortwährend von der Sonne entströmt und von den Pflanzen theilweise in Spannkräfte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der sauerstoffarmen Pflanzenbestandtheile verwandelt wird.

Nach directen Messungen werden bei einer Fläche, welche von der Sonne direct beschienen wird, jedem Quadratfuss in jeder Minute 3,4 Wärmeeinheiten mitgetheilt. Die Wärme, welche täglich von der Sonne zur Erde geht, beträgt den Heizeffekt von 5 Billionen Centner Steinkohlen. Rechnet man die Pferdekraft in der Stunde 7 Pfund Steinkohlen und berücksichtigt, dass unsere Dampfmaschinen nur  $\frac{1}{22}$  des absoluten mechanischen Effectes abgeben, so ergibt sich der Gesamteffect der Sonnenwärme der Erde in der Stunde zu 66 Billionen Pferdekraften. Nach Tyndall würde die ganze Menge der Sonnenwärme, die in einem Jahre die Erde empfängt, gleichbedeutend mit der über die Erdoberfläche vertheilt, genügen, um eine Schicht Eis von einer Dicke, welche die ganze Erde umhüllt, zu schmelzen. Sie würde genügen, um die Erde in einer Tiefe von 15 geographischen Meilen bedeckt, auf den Siedepunkt erwärmen. Dabei ist die auf die Erde gelangende Wärmemenge nur  $\frac{1}{200\,000\,000}$  der ganzen von der Sonne ausgehenden Strahlung (Tyndall).

Die obigen Zahlen geben einen annähernden Begriff, welches enorme Kraft täglich von der Sonne als Wärme ausgeht. Man begreift, wie schon die Vertheilung eines Theiles dieser Kraftmasse in den Pflanzen hinreicht, um die grosse Summe mechanischer Effecte mit ihrer Hülfe hervorzubringen, welche das Thierreich und unsere Mechanik von jenen fordert. Fast alle Bewegungen und Kräfte auf der Erde stammen ebenfalls von den Sonnenstrahlen ab. Die Steinkohlen sind die Reste alter Pflanzenvegetation. Die Sonnenwärme bedingt z. B. die Bewegung der Winde, das Erheben des ver-

dunstenden Wassers und damit die Bedingung seiner beim Herabfliessen fre werdenden Spannkraft.

Ueber die Kraftsumme, welche in Form von Licht von der Sonne zur Erde kommt, sind derartige Berechnungen noch kaum gestattet, doch ist auch das eine ausserordentlich grosse.

Es wird uns aus den bisherigen Betrachtungen klar, was die als Nahrung in den thierischen Organismus aufgenommenen Stoffe für eine Bedeutung für diesen haben.

Auf der einen Seite werden die aufgenommenen Stoffe zur Formbildung zum Wachsthum und zur Ernährung der Organe verwendet, andererseits werden die mit ihnen eingeführten Spannkraft in mechanische Leistungen umgesetzt.

Abgesehen von dem Antheil an dem Aufbau der Zelle, den wir die Nahrungstoffe nehmen sehen, wird ihr Werth für den Organismus noch weiter abhängen von der Summe der Spannkraft, welche mit ihnen eingeführt wird. Es wird von diesem Gesichtspunkte aus verständlich, warum die Einführung sauerstoffreicher chemischer Verbindungen organischer Natur meist weniger Werth für das Thier besitzt, als die solcher, in denen verhältnissmässig weniger Sauerstoff enthalten ist. Die einen haben durch ihre Vereinigung mit Sauerstoff den grössten Theil ihrer verwendbaren Spannkraft verloren, die anderen sind noch im Vollbesitze derselben; die Kraftleistungen, welche von dem einen oder anderen Stoffe im Organismus hervorgebracht werden können, stehen im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem procentischen Gehalt an Sauerstoff. Es ist danach einleuchtend, warum die Kohlehydrate, welche auf ein Doppelatom Wasserstoff ein Atom Sauerstoff enthalten, bei denen also nur noch der Kohlenstoff mit Sauerstoff zu verbinden bleibt, weniger Werth für den Organismus haben, als die Fette, bei denen nicht nur der Kohlenstoff, sondern auch noch ein grosser Theil des Wasserstoffes seine Spannkraft besitzt und diese durch Verbindung mit Sauerstoff frei werden lassen kann. Noch weniger Werth für die organischen Kraftleistungen wird gewöhnlich den organischen Säuren zugeschrieben, bei denen nur ein Bruchtheil des Kohlenstoffes zu oxydiren bleibt. Doch darf nicht vergessen werden, dass eine grössere oder geringere Summe von Spannkraft allein einen Stoff noch nicht zu einem besseren oder schlechteren Nahrungsmittel macht, z. B. Kohle, die einen so grossen Spannkraftwerth besitzt, können wir nicht verdauen; schwer verdauliche Speisen verbrauchen bei ihrer Assimilation viel Kraft, die ihrer Wirkung abgehen muss; Stoffe, die in besonders wichtige Organgruppen, wie das Nervensystem eingehen und dessen Thätigkeit beeinflussen, solche, welche sich an dem Verdauungsgeschäfte activ mit betheiligen etc., beanspruchen einen besonders hohen Werth als Nahrungstoffe.

Die Summe der Spannkraft ist äusserst verschieden in den verschiedenen als Nahrungstoffe eingeführten chemischen Verbindungen. Um uns ein genaueres Bild der Leistungen jedes einzelnen im thierischen Haushalt machen zu können, müssen wir vorerst die Summe der ihnen inhärenten Spannkraft bestimmen; wir müssen die Wärmemenge kennen, welche bei dem Zerfall und Sauerstoffaufnahme, bei der organischen Oxydation einer bestimmten Quantität dieser Stoffe im animalen Organismus frei und verwendbar wird.

Für eine Anzahl einfacher und zusammengesetzter Stoffe ist die Wärmemenge

wicklung bei ihrer vollkommenen Verbrennung bestimmt. Die freiwerdenden Spannkraften, um die es sich bei der Verbrennung, bei der Vereinigung freier Elementarstoffe handelt, sind von überraschender Quantität.

Nach den Versuchen von FAVRE und SILBERMANN liefert bei der Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser

1 Gewichtseinheit Kohlenstoff:	8086 Wärmeeinheiten,
1                      -                      Wasserstoff:	34462                      -

Verbindet sich 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit Stickstoff zu Ammoniak, so entwickeln sich 7576 Wärmeeinheiten.

Diese Zahlen zeigen, was für eine enorme Kraftquantität bei der Vereinigung der Atome z. B. bei der Verbrennung frei wird; umgekehrt lehren sie uns, was für eine Kraftsumme aufgewendet werden muss, um die chemisch verbundenen Atome zu trennen, wie das die chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen unter der Einwirkung des Lichtes thun.

Bei der Verbindung eines Atoms mit einem andern, z. B. eines Doppelatoms Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, wird stets die gleiche Quantität von Spannkraften verwendbar gemacht und frei, vorausgesetzt, dass bei der chemischen Verbindung nicht noch andere Wirkungen ausgeübt werden, die in ihrer Intensität schwanken können. Das Resultat der Verbrennung z. B. des Wasserstoffs mit Sauerstoff wird in Bezug auf die Wärmeentwicklung ein verschiedenes sein, wenn einmal das Wasser, wie das bei der Verbrennung in heller Flamme geschieht, im gasförmigen Zustande entweicht, ein andermal als flüssiges Wasser oder gar fest gebunden zurückbleibt. Bei dem Uebergang des Wassergases in tropfbar flüssiges Wasser, bei dem Uebergang des Wassers in den festen Zustand (Eis) wird eine sehr bedeutende Menge an Spannkraften noch frei, die im ersteren Fall für den Heizeffekt verloren gehen. Jedermann weiss, dass feuchtes Holz eine geringere Verbrennungswärme entwickelt als trockenes; ein beträchtlicher Theil der aus dem chemischen Process frei werdenden Wärme wird für die Verdunstung des Wassers verbraucht; auch das bei der Verbrennung des Holzes erst entstehende Wasser muss für seine Verdunstung entsprechend Wärme in Beschlag nehmen, die der Gesamtsumme der Verbrennungswärme entgeht. Die Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff zeigt sonach eine verschiedene äussere Kraftentwicklung, je nachdem das gebildete Wasser dampfförmig entweicht oder flüssig oder fest zurückbleiben kann. Ganz allgemein erscheint die bei der Verbrennung frei werdende Wärme als eine algebraische Summe von zwei Grössen, von denen die eine positiv, die andere negativ ist. Die für die Erzeugung von Wärme negative Grösse bezeichnen wir als »Verbrennungsarbeit«, zur Ueberwindung von Widerständen verbraucht die Verbrennung einen Theil der verwendbaren Spannkraften, die dann nicht als »freie Wärme« auftreten können, an der Verbrennungs-Wärme sonach abzuziehen sind. Um z. B. feste Kohle mit Sauerstoff zu der gasförmigen Kohlensäure zu verbinden, muss die Kohle selbst aus dem festen in den gasförmigen Zustand — im Kohlensäuregas ist ja die Kohle im Gaszustande — übergeführt werden; zu dieser Zustandsänderung wird ein Theil der bei der Verbindung der Atome frei werdenden Spannkraften verwendet, die also nicht als lebendige Kraft, als Wärme erscheinen können. Betrachten wir nicht ein Kohlenstoffatom in seiner Verbindung mit Sauerstoff, sondern eine Summe von solchen zu einem festen Ganzen vereinigt, so wird die Trennung der Kohlenstoffatome von einander, die der Neuverbindung vorausgehen muss, einen bestimmten Kraftaufwand, der von der Verbrennungswärme abgeht, erfordern; je inniger diese Verbindung der Kohlenatome ist, desto grösser ist die zu ihrer Trennung erforderliche Kraftquantität. So macht der einfache Unterschied in der Dichte des Diamant (krystallisirter Kohlenstoff) schwerer verbrennlich als die Kohle und bedingt einen Unterschied in ihrer Verbrennungswärme; FAVRE und SILBERMANN fanden die Verbrennungswärme des Diamants um 285 Wärmeeinheiten kleiner als die der Kohle. In dem Leuchtgas, in welchem der Kohlenstoff schon gasförmig ist, fällt die Arbeit zur Vergasung desselben weg, dagegen kommt eine neue, seine Trennung von dem Wasserstoff, hinzu.

Man glaubte früher nach dem sogenannten DULONG'schen Gesetz die bei der Ver-

brennung von Substanzen frei werdende Wärme berechnen zu können aus ihrer elementaren Zusammensetzung und der Verbrennungswärme ihrer Elemente; da Verbindung und Lagerung der Atome auch bei gleicher quantitativer Zusammensetzung äusserst verschieden sein kann und ist, und dadurch die »Verbrennungsarbeit« grösse kleiner ausfällt, so gibt eine derartige Berechnung keine exakt brauchbaren Resultate. direct bestimmten Werthe sind oft ziemlich beträchtlich verschieden von den berechneten.

Da man meist voraussetzen pflegt, dass die bei directer Verbrennung organischer Substanzen entstehende Wärmemenge gleich sei der bei der »organischen Oxydation«, bei der Sauerstoffaufnahme und Zersetzung derselben Stoffe im animalen Organismus frei werdende Wärmesumme, die zu den Leistungen des Thierkörpers verwendbar werden, so hat man die Angaben der Verbrennungswärme verschiedener organischer Substanzen und Nährstoffe von physiologischer Seite einen grossen Werth beigelegt, wir führen daher einige der wichtigsten experimentellen Untersuchungsergebnisse an. Nach FAVRE und SILBERMANN liefert eine Gewichtseinheit bei ihrer Verbrennung:

(Aethyl-)Alkohol . . . . .	7183	Wärmeeinheiten
Ameisensäure . . . . .	2091	-
Essigsäure . . . . .	3505,2	-
Buttersäure . . . . .	5647	-
Valeriansäure . . . . .	6439	-
Ethylsäure . . . . .	9316	-
Stearinsäure . . . . .	9716,5	-
Wachs . . . . .	10490	-
Terpentinöl . . . . .	10852	-
Citronöl . . . . .	10959	-

Von FRANKLAND sind die Verbrennungswärmen bestimmt worden für Stoffe, die als Nahrungsmittel in den animalen Organismus eingeführt werden, oder deren Spannkraft für die Zwecke der Physiologie von allerhervorragendster Bedeutung ist, er fand:

Eine Gewichtseinheit: liefert bei der Verpuffung mit chlorsaurem Kali und Mangansuperoxyd

Traubenzucker . . . . .	8277	Wärmeeinheiten
Rohrzucker . . . . .	8848	-
reines Eiweiss . . . . .	4998	-
reine Ochsenmuskelfaser . . . . .	5130	-
Ochsenfett . . . . .	9069	-
Harnstoff . . . . .	2206	-
Harnsäure . . . . .	2615	-
Hippursäure . . . . .	5383	-

Ist es, wie angenommen wird, gestattet, diese Werthe der Wärmeentwicklung gleichzusetzen, welche durch die Stoffwechselvorgänge im Organismus aus diesen Stoffen entstehen, so liefern uns die vorstehenden Bestimmungen ein Maass für die ökonomie oder im Allgemeinen für die Kraftökonomie der Thiere bei bestimmtem Stoffumsatzes. Der Einblick, der sich uns eröffnet, wird aber nach LIEBIG dadurch, dass Thatsachen dafür zu sprechen scheinen, dass im Gegensatz zu den geläufigen Angaben die Verbrennungswärme uns kein sicheres Maass gibt für die Summe der Wärme, die bei derselben Verbindung durch organische Zersetzung frei werden. So liefert die Verbrennung des aus einer bestimmten Zuckermenge durch Gährung entstandenen Zuckers ziemlich viel mehr Wärme als die Verbrennung des Zuckers selbst, obwohl in der Gährung ebenfalls schon Wärme frei wird. Liegt dieses Plus nicht in den Fehlergrenzen so genau, so können also auch die oben mitgetheilten Zahlen zunächst nur zu annähernder Vergleichung dienen.

Wir erkennen aus ihnen, dass im Allgemeinen mit dem abnehmenden Sauerstoffgehalt der organischen Verbindungen die bei ihrer Verbrennung entstehende Wärmemenge



Grenzen durch Zufuhr von Wärme nicht ausdehnen, sondern im Gegentheile verdichten.

Das bekannteste Beispiel dafür ist das Wasser, das seine grösste Dichtigkeit bei  $+4^{\circ}\text{C}$ . besitzt, sich also bei Temperaturen über  $4^{\circ}\text{C}$ . und unter  $4^{\circ}\text{C}$ . ausdehnt. Wenn wir daher Wasser Wärme zuführen, so kann sich dieses unter Umständen anstatt auszudehnen verdichten. Das Wasser zieht sich zusammen, verkleinert sein Volum, verdichtet sich bei dem Abkühlen von höheren Temperaturgraden, bis es eine Temperatur von  $4^{\circ}\text{C}$ . erreicht; bei diesem Punkt hört die Zusammenziehung auf. Dies ist der Punkt der grössten Dichtigkeit des Wassers; von  $4^{\circ}\text{C}$ . abwärts bis zum Gefrierpunkt dehnt sich das Wasser wieder aus, und wenn es sich in Eis verwandelt, ist die Ausdehnung bedeutend, das Eis schwimmt daher auf dem Wasser. Wenn wir von  $0^{\circ}\text{C}$ . an Wärme dem Wasser zuführen, so zieht es sich durch die Wärmezufuhr zunächst, bis es  $4^{\circ}\text{C}$ . erreicht hat, zusammen, dann hört die Zusammenziehung auf und es tritt anhaltendes Ausdehnen ein. Auch geschmolzenes Wismuth-Metall dehnt sich bei dem Festwerden durch Erkalten aus.

Mit der mechanischen Wärmetheorie steht es in Einklang, dass, wenn ein Körper, z. B. ein Metall zusammengepresst, verdichtet wird, sich dabei Wärme entwickelt; werden seine Atome mechanisch aus einander gezogen, durch Dehnung z. B. eines Metalldrahts, so wird Wärme verbraucht, der gedehnte Körper erkaltet. Diese Thatsache ist fast allgemein richtig, wie die Untersuchungen von JOULE u. A. ergaben. Doch gibt es auch davon Ausnahmen, die an das Verhalten des Wassers und des geschmolzenen Wismuth erinnern.

Kautschuk erwärmt sich, wenn er belastet ist, durch plötzliches Ausdehnen. WILLIAM THOMSON, der diese Beobachtung, die gegen das allgemeine Gesetz verstösst, machte, vermuthete sogleich, dass diese Eigenthümlichkeit des Kautschuks mit der anderen verknüpft sein würde, dass er sich durch Erwärmung nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht, erkürzt; seine Annahme wird durch das Experiment bestätigt.

SCHMULEWITSCH hat gezeigt, dass sich wie Kautschuk auch die quergestreifte Muskelsubstanz innerhalb gewisser Grenzen  $+2$ — $+28^{\circ}\text{C}$ . beim Frosch, durch Wärmezufuhr nicht ausdehnt, sondern contrahirt. Wir werden auf dieses Factum bei der Erklärung der Muskelcontraction zurückkommen.

In Beziehung auf das Maass der Wärme- und Arbeitseinheiten herrscht einige Willkür in der Bezeichnungsweise: Kilogramm-meter, Gramm-meter, sogar Gramm-Millimeter sehen sich abwechselnd als Arbeitseinheit gebraucht. Man muss sich dabei erinnern, dass die Zahl, welche die äquivalente Wärmemenge misst, unabhängig ist von der Wahl der Gewichtseinheit, wenn man zur Messung der Menge des Körpers und zur Bestimmung der Wärmeinheit dieselbe Gewichtseinheit benutzt. Bei der Benutzung des Fusses anstatt des Meters als Hohenmass, z. B. im Fusspfund, muss man sich für die Umrechnung auf Kilogramm-meter erinnern, dass 4 Meter = 3,4862 preussische Fuss ist. Die Engländer gebrauchen als Temperatureinheit oft nicht  $4^{\circ}\text{C}$  Celsius, sondern  $4^{\circ}\text{F}$  Fahrenheit;  $5^{\circ}\text{C}$  sind =  $9^{\circ}\text{F}$  Fahrenheit. Fahrenheit nennt den Gefrierpunkt  $32^{\circ}\text{F}$ ., sein Siedepunkt ist also  $212^{\circ}\text{F}$ .  $0^{\circ}\text{C}$ . sind gleich  $32^{\circ}\text{F}$ ., wenn wir aber wissen wollen, welche Temperatur nach Fahrenheit =  $0^{\circ}\text{C}$ . ist, so müssen wir zu  $32^{\circ}\text{F}$ . noch die  $32^{\circ}\text{F}$ . unter  $0^{\circ}\text{C}$ . zurechnen;  $20^{\circ}\text{C}$ . sind also  $68^{\circ}\text{F}$ . Die normale menschliche Temperatur ist nach Fahrenheit's Thermometer  $100^{\circ}$ . Diese Bezeichnungen werden zur gelegentlichen Orientirung genügen. Die Erwärmung von 1 Pfund Wasser um  $1^{\circ}\text{C}$ . ist = 4390 Fusspfund nach der Berechnung der Engländer TYNDALL.

Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Auf den ersten Blick — zumal wenn man vergisst, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nur für ein »freies System«, nur für das gesammte Weltall Gültigkeit besitzt — könnte es erscheinen, als führte dieses Princip zu der Idee eines Perpetuum mobile. Wenn die Kräfte nicht verschwinden, wenn nur eine

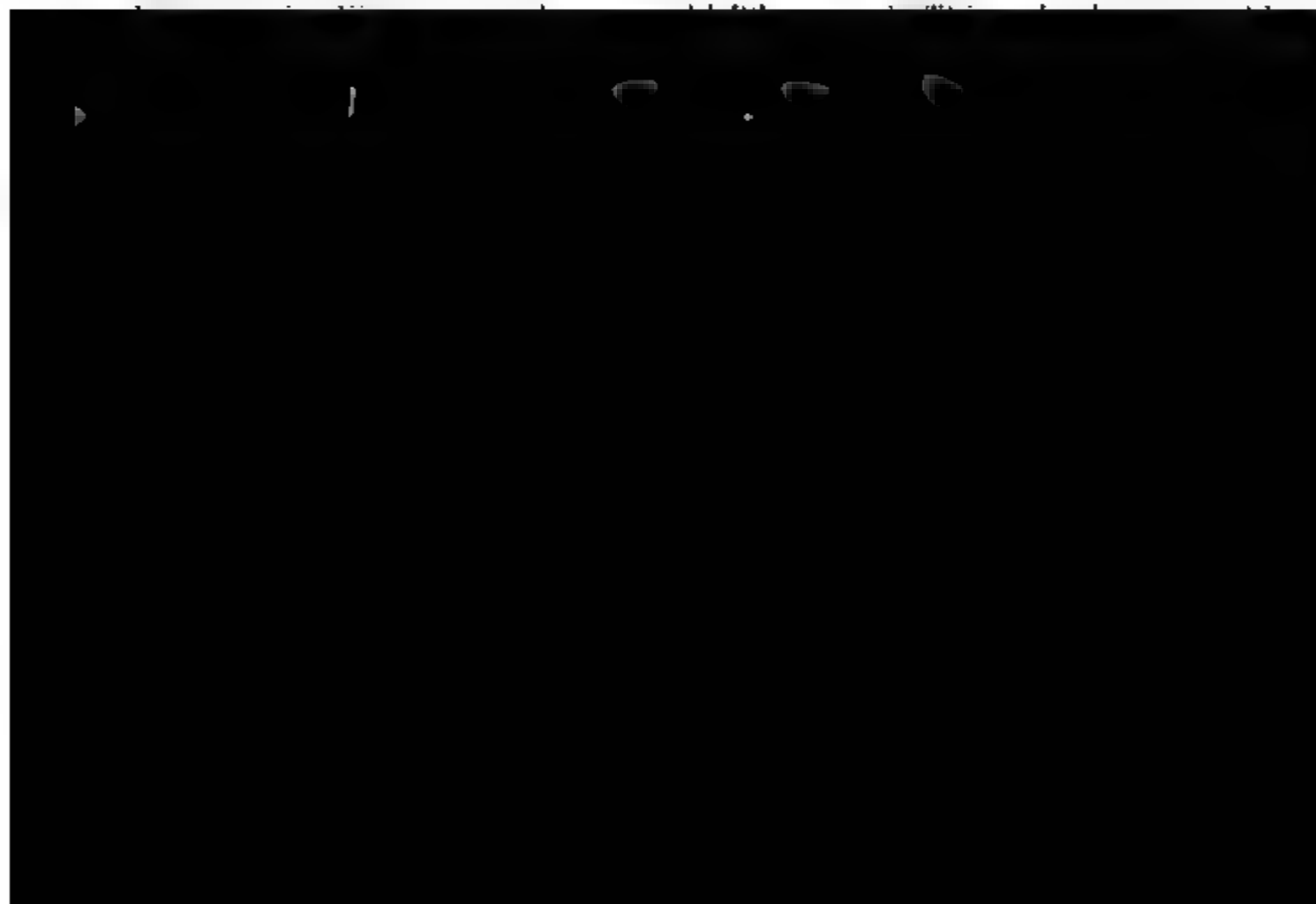
Kraftform in die andere übergeführt wird, so könnte man daraus die Möglichkeit ableiten wollen, dass ein einmaliger Anstoss, wenn nur eine richtig der Uebertragung gefunden wäre, ununterbrochen fort Bewegung und Arbeit leisten können (cf. dagegen den zweiten Hauptsatz von CLAUSIUS S.

Es gibt ein sehr sinnreiches Experiment: LIEBIG's Welt im Glase, welches auf den ersten Blick das organische Leben in Pflanze und Thier als eigentliches Perpetuum mobile erscheinen lässt.

Das Experiment ist gegründet auf die Erfahrung über den Kreislauf des Stoffes aus der anorganischen in die organische Natur und aus dieser wieder die anorganische zurück. Die Pflanze nimmt die anorganischen Sauerstoffverbindungen in sich auf und ertheilt ihnen durch ihren Lebensprocess die Spannkraft zurück, indem sie die Elemente von dem Sauerstoff trennt, welche die im freien Zustande angehören, sie ertheilt ihnen die Eigenschaft der Brennlichkeit. Das Thier nimmt die von der Pflanze mit Spannkraft versehenen Stoffe in sich auf, verbindet sie wieder mit Sauerstoff und benutzt dadurch verwendbar gewordenen Spannkraft zu seinen mechanischen Leistungen. Die der Umgebung zurückgegebenen Elemente können wieder Bestandtheile der Pflanze und dabei mit Spannkraft versehen werden. Scheint der Kreislauf des organischen Stoffes die Lösung jenes Problems Wahrheit zu enthalten.

Man brachte zum Beweise dieser Verhältnisse kleine Wasserthiere, Wasserpflanzen in ein luftdicht zum Theile mit Wasser, welches die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen und Thiere gelöst enthielt, gefülltes Glas. Das Leben geht hierbei seinen ungestörten Gang, die Thiere nähren sich von den Pflanzen, die aus den Ausscheidungsprodukten der Thiere ihre verbrauchten Organe wieder ersetzen.

Doch nur unter einer Bedingung geht dieses Spiel des Lebens ungehindert. Die Welt im Glase gedeiht nur dann, wenn sie sich unter Verhältnissen befindet, in welchen das Licht und die Wärme der Sonne auf sie einwirken.



Dampfmaschinen Lasten bewegen, mit denen der menschliche und thierische Organismus die aktiven Bewegungen hervorbringt, durch welche sich das Thier von der Pflanze unterscheidet.

Es ist schon erwähnt, dass im Dunkeln auch die chlorophyllhaltigen Pflanzen keine Kohlensäure zu zerlegen im Stande sind, sie athmen dann ebenso wie das Thier Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Sie unterliegen dann wie alle feuchten organischen kohlehaltigen Stoffe den langsamen Verbrennungseinflüssen der Luft, es bildet sich aus der Kohle der Pflanze Kohlensäure. Die Beobachtung, dass auch unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nur die grünen Pflanzentheile die Sauerstoffverbindungen zerlegen und Sauerstoff ausathmen, während sie daneben wie die übrigen nicht grünen Theile stets Kohlensäure aushauchen vermöge des im Cap. II geschilderten Pflanzenstoffwechsels, macht verständlich, warum die Pflanzen, besonders die Blüthen, ähnlich wie die Thiere eine etwas höhere Temperatur besitzen als die umgebende Atmosphäre; es beruht diese auf gleichzeitig neben den Reductionen in ihnen vor sich gehenden Oxydationen, die einen Theil der aufgehäuften Spannkraft in der Pflanze selbst wieder in lebendige Kräfte überführen. Auf demselben Grunde beruhen die Bewegungs- und Electricitäts-Entwickelungen in den Pflanzen.

Die pyrheliometrischen Messungen von POUILLET und Anderen geben Anhaltspunkte zur Orientirung über die Grösse der Kraftmenge, welche fortwährend der Sonne entströmt und von den Pflanzen theilweise in Spannkraft des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der sauerstoffarmen Pflanzenbestandtheile verwandelt wird.

Nach directen Messungen werden bei einer Fläche, welche von der Sonne senkrecht beschienen wird, jedem Quadratfuss in jeder Minute 3,4 Wärmeeinheiten mitgetheilt. Die Wärme, welche täglich von der Sonne zur Erde gelangt, giebt den Heizeffekt von 5 Billionen Centner Steinkohlen. Rechnet man für eine Pferdekraft in der Stunde 7 Pfund Steinkohlen und berücksichtigt man, dass unsere Dampfmaschinen nur  $\frac{1}{22}$  des absoluten mechanischen Effectes der Wärme geben, so ergibt sich der Gesamteffect der Sonnenwärme der Erde in der Stunde zu 66 Billionen Pferdekraften. Nach TYNDALL würde die ganze Quantität der Sonnenwärme, die in einem Jahre die Erde empfängt, gleichmässig über die Erdoberfläche vertheilt, genügen, um eine Schicht Eis von 100 Fuss Dicke, welche die ganze Erde umhüllt, zu schmelzen. Sie würde einen Ocean, der die Erde in einer Tiefe von 15 geographischen Meilen bedeckt, von 0° bis auf den Siedepunkt erwärmen. Dabei ist die auf die Erde gelangende Wärmemenge nur  $\frac{1}{200\,000\,000}$  der ganzen von der Sonne ausgehenden Ausstrahlung (TYNDALL).

Diese Zahlen geben einen annähernden Begriff, welches enorme Kraftquantum täglich von der Sonne als Wärme ausgeht. Man begreift, wie schon die Aufspeicherung eines Theiles dieser Kraftmasse in den Pflanzen hinreicht, um jene grosse Summe mechanischer Effecte mit ihrer Hülfe hervorzubringen, welche das Thierreich und unsere Mechanik von jenen fordert. Fast alle anderen Bewegungen und Kräfte auf der Erde stammen ebenfalls von den Sonnenstrahlen ab. Die Steinkohlen sind die Reste alter Pflanzenvegetation. Die Sonnenwärme bedingt z. B. die Bewegung der Winde, das Erheben des ver-

dunstenden Wassers und damit die Bedingung seiner beim Herabfliessen in werdenden Spannkraft.

Ueber die Kraftsumme, welche in Form von Licht von der Sonne zur Erde kommt, sind derartige Berechnungen noch kaum gestattet, doch ist auch eine ausserordentlich grosse.

Es wird uns aus den bisherigen Betrachtungen klar, was die als Nahrung in den thierischen Organismus aufgenommenen Stoffe für eine Bedeutung für diesen haben.

Auf der einen Seite werden die aufgenommenen Stoffe zur Formbildung zum Wachsthum und zur Ernährung der Organe verwendet, andererseits werden die mit ihnen eingeführten Spannkraft in mechanische Leistungen umgesetzt.

Abgesehen von dem Antheil an dem Aufbau der Zelle, den wir die Nahrungstoffe nehmen sehen, wird ihr Werth für den Organismus noch weiter abhängig von der Summe der Spannkraft, welche mit ihnen eingeführt wird. Es wird von diesem Gesichtspunkte aus verständlich, warum die Einführung sauerstoffreicher chemischer Verbindungen organischer Natur meist weniger Werth für das Thier besitzt, als die solcher, in denen verhältnissmässig weniger Sauerstoff enthalten ist. Die einen haben durch ihre Vereinigung mit Sauerstoff den grössten Theil ihrer verwendbaren Spannkraft verloren, die anderen sind noch im Vollbesitze derselben, die Kraftleistungen, welche von dem einen oder anderen Stoffe im Organismus hervorgebracht werden können, stehen im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem procentischen Gehalt an Sauerstoff. Es ist danach einleuchtend, warum die Kohlehydrate, welche auf ein Doppelatom Wasserstoff ein Atom Sauerstoff enthalten, bei denen also nur noch der Kohlenstoff mit Sauerstoff zu verbinden bleibt, weniger Werth für den Organismus haben, als die Fette, bei denen nicht nur der Kohlenstoff, sondern auch noch ein grosser Theil des Wasserstoffes seine Spannkraft besitzt und diese durch die Bindung mit Sauerstoff frei werden lassen kann. Noch weniger Werth für organische Kraftleistungen wird gewöhnlich den organischen Säuren zugeschrieben, bei denen nur ein Bruchtheil des Kohlenstoffes zu oxydiren bleibt. Doch darf nicht vergessen werden, dass eine grössere oder geringere Summe von Spannkraft allein einen Stoff noch nicht zu einem besseren oder schlechteren Nahrungsmittel macht, z. B. Kohle, die einen so grossen Spannkraftwerth besitzt, können wir nicht verdauen, schwer verdauliche Speisen verbrauchen ihrer Assimilation viel Kraft, die ihrer Wirkung abgehen muss. Stoffe, die besonders wichtige Organgruppen, wie das Nervensystem eingehen und deren Thätigkeit beeinflussen, solche, welche sich an dem Verdauungsgeschäfte selbst mit betheiligen etc., beanspruchen einen besonders hohen Werth als Nahrungstoffe.

Die Summe der Spannkraft ist ausserst verschieden in den verschiedenen als Nahrungstoffe eingeführten chemischen Verbindungen. Um uns ein genaues Bild der Leistungen jedes einzelnen im thierischen Haushalte machen zu können, müssen wir vorerst die Summe der ihnen inharirenden Spannkraft bestimmen, wir müssen die Warmemenge kennen, welche bei dem Zerfall und Sauerstoffaufnahme, bei der organischen Oxydation einer bestimmten Quantität dieser Stoffe im animalen Organismus frei und verwendbar wird.

Für eine Anzahl einfacher und zusammengesetzter Stoffe ist die Warme

elung bei ihrer vollkommenen Verbrennung bestimmt. Die freiliegenden Spannkkräfte, um die es sich bei der Verbrennung, bei der Vereinigung freier Elementarstoffe handelt, sind von überraschender Quantität.

Nach den Versuchen von FAVRE und SILBERMANN liefert bei der Verbrennung zu Kohlen- und Wasser

1 Gewichtseinheit Kohlenstoff: 8086 Wärmeeinheiten,

1                    -                    Wasserstoff: 34462                    -

verbindet sich 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit Stickstoff zu Ammoniak, so entwickeln sich 7576 Wärmeeinheiten.

Diese Zahlen zeigen, was für eine enorme Kraftquantität bei der Vereinigung der z. B. bei der Verbrennung frei wird; umgekehrt lehren sie uns, was für eine Kraftsumme verwendet werden muss, um die chemisch verbundenen Atome zu trennen, wie das die phyllhaltigen Pflanzenzellen unter der Einwirkung des Lichtes thun.

Bei der Verbindung eines Atoms mit einem andern, z. B. eines Doppelatoms Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, wird stets die gleiche Quantität von Spannkkräften verwendbar gemacht und frei, vorausgesetzt, dass bei der chemischen Verbindung nicht noch andere Kräfte ausgeübt werden, die in ihrer Intensität schwanken können. Das Resultat der Verbindung z. B. des Wasserstoffs mit Sauerstoff wird in Bezug auf die Wärmeentwicklung ein verschiedenes sein, wenn einmal das Wasser, wie das bei der Verbrennung in heller Flamme entsteht, im gasförmigen Zustande entweicht, ein andermal als flüssiges Wasser oder gar als festes Eis zurückbleibt. Bei dem Uebergang des Wassergases in tropfbar flüssiges Wasser, beim Uebergang des Wassers in den festen Zustand (Eis) wird eine sehr bedeutende Menge Spannkkräfte noch frei, die im ersteren Fall für den Heizeffekt verloren gehen. Jedermann

wird bemerken, dass feuchtes Holz eine geringere Verbrennungswärme entwickelt als trockenes; ein beträchtlicher Theil der aus dem chemischen Process frei werdenden Wärme wird für die Verdunstung des Wassers verbraucht; auch das bei der Verbrennung des Holzes erst entstehende Wasserdampf muss für seine Verdunstung entsprechend Wärme in Beschlag nehmen, die der Gesammtsumme der Verbrennungswärme entgeht. Die Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff zeigt sonach eine verschiedene äussere Kraftentwicklung, je nachdem das gebildete Wasser dampfförmig entweicht oder flüssig oder fest zurückbleiben kann. Ganz allgemein erscheint die bei der Verbrennung frei werdende Wärme als eine algebraische Summe von zwei Theilen, von denen die eine positiv, die andere negativ ist. Die für die Erzeugung von Wärme verwendete Grösse bezeichnen wir als »Verbrennungsarbeit«, zur Ueberwindung von Widerständen verbraucht die Verbrennung einen Theil der verwendbaren Spannkkräfte, die dann als »freie Wärme« auftreten können, an der Verbrennungs-Wärme sonach abzuziehen sind. Um z. B. feste Kohle mit Sauerstoff zu der gasförmigen Kohlensäure zu verbinden, muss die Kohle selbst aus dem festen in den gasförmigen Zustand — im Kohlensäuregas, in welchem die Kohle im Gaszustande — übergeführt werden: zu dieser Zustandsänderung wird ein Theil der bei der Verbindung der Atome frei werdenden Spannkkräfte verwendet, die also nicht als freie Wärme, sondern als Arbeit, als Kraft, als Wärme erscheinen können. Betrachten wir nicht ein Kohlenstoffatom bei seiner Verbindung mit Sauerstoff, sondern eine Summe von solchen zu einem festen Ganzen vereinigt, so wird die Trennung der Kohlenstoffatome von einander, die der Neuverbindung vorausgehen muss, einen bestimmten Kraftaufwand, der von der Verbrennungswärme abgezogen werden muss, erfordern; je inniger diese Verbindung der Kohlenatome ist, desto grösser ist die zur Trennung erforderliche Kraftquantität. So macht der einfache Unterschied in der Dichte zwischen Kohle und Diamant (krystallisirter Kohlenstoff) schwerer verbrennlich als die Kohle und bedingt einen Unterschied in ihrer Verbrennungswärme; FAVRE und SILBERMANN fanden die Verbrennungswärme des Diamants um 285 Wärmeeinheiten kleiner als die der Kohle. In dem Wassergas, in welchem der Kohlenstoff schon gasförmig ist, fällt die Arbeit zur Vergasung der Kohle hinweg, dagegen kommt eine neue, seine Trennung von dem Wasserstoff, hinzu.

Man glaube früher nach dem sogenannten Dulong'schen Gesetz die bei der Ver-

brennung von Substanzen frei werdende Wärme berechnen zu können aus ihrer elementaren Zusammensetzung und der Verbrennungswärme ihrer Elemente; da Verbindung und Lagerung der Atome auch bei gleicher quantitativer Zusammensetzung äusserst verschieden sein kann und ist, und dadurch die »Verbrennungsarbeit« grösser oder kleiner ausfällt, so gibt eine derartige Berechnung keine exakt brauchbaren Resultate. Bestimmten Werthe sind oft ziemlich beträchtlich verschieden von den berechneten.

Da man meist voraussetzen pflegt, dass die bei directer Verbrennung organischer Substanzen entstehende Wärmemenge gleich sei der bei der »organischen Oxydation«, bei der Aufnahme und Zersetzung derselben Stoffe im animalen Organismus frei werdende Wärmemenge, die zu den Leistungen des Thierkörpers verwendbar werden, so hat man die Verbrennungswärme verschiedener organischer Substanzen und Nährstoffe von physiologischer Seite einen grossen Werth beigelegt, wir führen daher einige der wichtigsten Untersuchungsergebnisse an. Nach FAYAT und SILBERMANN liefert eine Gewichtseinheit bei ihrer Verbrennung:

(Aethyl-, Alkohol) . . . . .	7188	Wärmeeinheiten
Ameisensäure . . . . .	2091	-
Essigsäure . . . . .	8503,2	-
Buttersäure . . . . .	5647	-
Valeriansäure . . . . .	6429	-
Ethylsäure . . . . .	9316	-
Stearinsäure . . . . .	9716,5	-
Wachs . . . . .	10490	-
Terpentinöl . . . . .	10852	-
Citronöl . . . . .	10959	-

Von FRANKLAND sind die Verbrennungswärmen bestimmt worden für Stoffe, die Nahrungsmittel in den animalen Organismus eingeführt werden, oder deren Spannkraft, die Zwecke der Physiologie von allerhervorragendster Bedeutung ist, er fand

Eine Gewichtseinheit:	liefert bei der Verpuffung mit
	chlorsaurem Kali und Mangansuperoxy
Traubenzucker . . . . .	8277 Wärmeeinheiten
Rohrzucker . . . . .	8248 -
reines Eiweiss . . . . .	4098 -



e zeigen eine höhere Wärmeentwicklung als die Kohlehydrate und Eiweissstoffe, wie oben supponirten. Wo es sich nicht um Gewebsbildung, sondern um Kräfteerzeugung (B. Wärmebildung) im Organismus handelt, wird ein weit geringeres Gewicht Fett die Wirkung wie ein grösseres von Zucker oder fettfreiem Eiweiss hervorbringen.

gende Betrachtung gibt uns einen Begriff von der Wirkung der Molekularkräfte L):

der Vereinigung von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbinden sich bekannte Gewichtseinheit Wasserstoff mit 8 Gewichtseinheiten Sauerstoff zu 9 Gewichtseinheiten Wasser. Die Erwärmung von 1 Pfund Wasser um  $1^{\circ}$  C. repräsentirt eine Arbeit von Fusspfund (cf. oben S. 105). Die Verbrennung von 1 Gewichtseinheit Wasserstoff zu 9 Gewichtseinheiten Wasser liefert nach den oben angeführten Beobachtungen von FAVRE und BERARD 34642, in runder Zahl 34000 Wärmeeinheiten, d. h. eine Wärmemenge, welche hinreichend, um 34000 Pfund Wasser um  $1^{\circ}$  C. zu erwärmen. Da mit der Wärme, welche verbraucht wird, um 1 Pfund Wasser um  $1^{\circ}$  C. zu erwärmen, 4390 Fuss auf 1 Fuss Höhe gehoben werden können, so ist die Arbeit, welche durch die Verbrennung von 1 Pfund Wasserstoff zu 9 Pfund Wasser geleistet wird, gleich  $34000 \times 4390$  Fusspfund, die Wärme, welche dabei frei wird, ist sonach im Stande, 47 Millionen Pfund auf 1 Fuss Höhe zu heben. Es ist das ein Beleg für die ganz ungemein grosse Kraft, mit welcher sich chemisch anziehende Atome gegeneinander stürzen, eine Kraft, gegen welche die Schwerkraft, wie sie sich gewöhnlich auf der Oberfläche der Erde äussert, in ihren Wirkungen fast verschwindet. Ueberhaupt sind die Molekularkräfte von überraschend mächtiger Wirkung. Auch bei der Verdichtung z. B. der gasförmigen Stoffe zu Flüssigkeiten, dieser zu festen Stoffen werden sehr grosse Wärmemengen frei. Wenn sich die Atome der 9 Pfund Wasserdampf unseres Beispiels beim Sinken der Temperatur unter  $100^{\circ}$  C. zur Bildung einer tropfbaren Flüssigkeit vereinigen, so erzeugen sie eine Wärmemenge, welche hinreicht, um die Temperatur von  $34000 \times 9 = 4835$  Pfund Wasser um  $1^{\circ}$  C. zu erhöhen. Multipliciren wir wie oben mit dem mechanischen Aequivalentes für Fusspfund = 4390, so erhalten wir als Arbeitswerth für die Verdichtung in runder Zahl 6720000 Fusspfund, mit anderen Worten, es könnten die bei der Verdichtung von 9 Pfund Wasserdampf frei werdende Kraftsumme 6720000 auf 1 Fuss Höhe gehoben werden. Durch die weitere Verdichtung vom flüssigen zum festen Zustand werden von den 9 Pfunden Wasser noch 993564 Fusspfund geliefert. Die Verbrennung von 1 Pfund Kohle in der Zeiteinheit = Minute ist daher die Arbeit von 300 Pferden in derselben Zeit.

Die Molekularkräfte, um deren Verwendung im animalen Organismus es sich handelt, sind nach in ihrer Quantität sehr bedeutend. Wir sehen schon allein durch nähere Aneinanderlagerung von gleichartigen Atomen sehr grosse Kraftsummen entwickelt, bei der Umlagerung chemisch sich anziehender Atome muss, wenn dieser Vorgang mit einer Näherung zusammengeknüpft ist, eine unter Umständen noch bedeutendere Kraftmenge frei werden. So wie wir bei der Umlagerung der Atome des Cyans zu dem atomistisch gleich zusammengesetzten Paracyan eine so bedeutende Wärmeentwicklung eintreten, dass, wenn man dem Versuche Cyansilber benutzt, das sich bildende Paracyansilber in sichtbares Geräth. Trotz der gleichen atomistischen Zusammensetzung ist die von Paracyan bei der Verbrennung gelieferte Wärmemenge dem entsprechend geringer als die des Cyans. Das Paracyan kann durch Neuzufuhr von Wärme wieder in Cyan übergeführt werden, es verwandelt sich nach DELBRÜCK beim starken Glühen in einem Strom von trockenem Stickgas oder Kohlenoxydgas vollständig wieder in Cyan.

Betrachtungen der Art liessen die DULONG'sche Berechnung der Verbrennungswärme organischer Substanzen aus der Verbrennungswärme ihrer elementaren Bestandtheile als unzulässig erscheinen, das Experiment widerlegte die Berechnungsergebnisse. Nach dem DULONG'schen Gesetz müssen alle atomistisch gleich zusammengesetzten Stoffe auch die gleiche Verbrennungswärme haben, was das Experiment nach dem eben Gesagten nicht bestätigt. Man die Verbrennungswärme nach dem DULONG'schen Gesetz zu berechnen, hatte von

einem Stoff, welcher Sauerstoff in seiner Verbindung besitzt, so dachte man sich diesen in d. Verbindung enthaltenen Sauerstoff schon verbunden mit der äquivalenten Menge desjenigen Bestandtheils, zu dem der Sauerstoff die grösste Verwandtschaft zeigt. Diese Quantität d. betreffenden Bestandtheils liess man ganz aus der Rechnung weg, man berechnete nur, w. viel Wärme bei der Verbrennung des Restes der Bestandtheile gebildet wird. Diese Wärmemenge sollte die wirkliche Verbrennungswärme der betreffenden Verbindung sein. Bei den Kohlehydraten (S. 64), die bekanntlich ihren Namen daher haben, dass sie Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniss enthalten, in welchem diese Stoffe sich zu Wasser verbinden, wurde der Wasserstoff nach dieser Berechnungsweise als an der Produktion der Verbrennungswärme sich nicht theilnehmend ganz weggelassen, die Wärmeproduktion nur aus dem Kohlenstoff berechnet. Viele organische stickstofffreie Säuren enthalten mehr Sauerstoff als zur Bildung von Wasser mit dem in der chemischen Verbindung vorhandenen Wasserstoff nöthig ist; der Rest des Sauerstoffs, der bei der berechneten Wasserbildung übrig bleibt, musste nach dem Dulong'schen Gesetz noch mit einer äquivalenten Menge Kohlenstoff zu Kohlensäure verbunden gedacht und, an der Wärmebildung nicht theilnehmend, abgerechnet werden. Noch complicirter sind die Berechnungen, wenn noch mehr Elemente als Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in der chemischen Verbindung, deren Verbrennungswärme berechnet werden soll, enthalten sind.

Wenn es sich übrigens bei den Betrachtungen nur um allgemeine Ueberschläge handelt, bei denen es auf einen Fehler von mehreren Procenten nicht ankommt, so können, wo keine directen Bestimmungen vorliegen, die nach dem Dulong'schen Gesetz berechneten Zahlen wohl noch immer in Anwendung gezogen werden. Die Vergleichung der Verbrennungswärme des Zuckers und Alkohols zeigt nämlich, dass sich auch beträchtliche Differenzen durch die directen Bestimmungen ergeben können. Und noch einmal wollen wir hier an die Ansicht Lavoisier's erinnern, dass die Wärme, welche die Stoffe bei ihrer gewöhnlichen Verbrennung liefern, auch im besten Falle nur annähernd der Kraftsumme gleichgesetzt werden könne, welche diese liefern bei der »organischen Oxydation«, bei ihrer im animalen Organismus stattfindenden Rückführung zu den einfachen Stoffen, aus denen sie in der Pflanze gebildet wurden.

### Die Leistungen des thierischen Organismus beruhen auf dem Stoffwechsel.

kräften unter gewöhnlichen Verhältnissen vor allem Wärme gebildet, welche zu den thierisch-organischen Vorgängen ein absolutes Erforderniss ist. In den Nervenzellen und Nervenfasern geht ein bestimmter Theil der Spannkkräfte in Electricität über; in den Muskeln wird neben den genannten beiden Kräfteformen auch noch mechanische Arbeit geleistet, so dass wir demnach in diesen die complicirteste Art der Kräfteverwendung antreffen. Es darf freilich nicht vergessen werden, dass bei chemischen Verbindungen stets auch electrische Wirkungen auftreten, so dass auch in allen jenen Zellen, welche nicht zu Muskeln oder Nerven gehören, electrische Vorgänge sich finden. Ebenso gibt es nach den neuesten Beobachtungen kaum eine wahre Zelle, der, wenigstens im Jugendzustande, alle Contractilität, die früher nur den Muskelzellen und -Fasern zugeschrieben wurde, abgeht.

Die Form, die Structur der Organe hat demnach zunächst keinen Einfluss auf die Erzeugung der Kräfte überhaupt; die Verwendbarmachung von Spannkkräften ist eine Eigenschaft aller thierischen Zellen, somit also auch aller aus Zellen sich aufbauenden Organe; die Organe haben für die Kräfteerzeugung des Organismus aber insofern Bedeutung, als sie die freiwerdenden Spannkkräfte in einer bestimmten, nach der Structur der Organe verschiedenen Richtung verwendbar machen.

Bei den Maschinen unserer Mechanik ist die Verwendung der Spannkkräfte, für welche sie bestimmt sind, stets nur eine unvollkommene. Nur ein Theil der absoluten Kraft der Kohle wird als Arbeit der Maschine gewonnen, die übrige Kräftesumme geht als Wärme, Electricität, innere Reibung für die äussere Arbeit verloren. In dem thierischen und menschlichen Organismus, die ja auch Kraftmaschinen im Sinne der Mechanik genannt werden müssen, werden dagegen die Spannkkräfte sehr vollkommen ausgenutzt. Die neben der äusseren Arbeit entstehenden Kraftformen der Electricität, Wärme, innere Arbeit, haben für den thierischen Haushalt eine nicht geringere Bedeutung als die äussere Arbeitsproduktion. Ohne Wärme würde die Mehrzahl der Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen den Körper constituirenden und von aussen in ihn eintretenden chemischen Stoffe nicht sich bethätigen können; unter ihrer Einwirkung nur gehen die Sauerstoffverbindungen, auf denen im letzten Grund alle animalen Thätigkeiten beruhen, vor sich. Aehnlich bedingt und bedingend ist das Auftreten electrischer Vorgänge, electrischer Strömungen im Thiere. Wie die chemischen Vorgänge mit electrischen Erscheinungen verknüpft sind, so können, wie es scheint, auf der anderen Seite gewisse Zersetzungen, z. B. die das Zellenleben charakterisirende Spaltung der Eiweissstoffe, nicht ohne Einwirkung jener starken electrischen Ströme, die sich in den Zellen und Zellenabkömmlingen, besonders den Muskeln und Nerven finden, vor sich gehen. Wir sehen die Grösse des Stoffverbrauchs in jenen Organen im Verhältniss stehen zu der Stärke des in ihnen kreisenden electrischen Stromes.

Die thierische Kraftmaschine ist also eine vollkommenere als die von der Mechanik gelieferten krafterzeugenden Maschinen, doch beruhen im letzten Grunde die thierischen Kraftleistungen auf den gleichen Bedingungen, auf dem Frei- und Verwendbarwerden von Spannkkräften, auf die auch die Leistungen der Maschinen zurückgeführt werden können. Bei den calorischen Maschinen

besteht der kraftproducirende Vorgang ebenso in Sauerstoffaufnahme chemischer Stoffe wie bei den animalen Organismen.

### Kraftquellen des Organismus ausser der organischen Oxydation.

Bisher haben wir nur die bei der Verbindung von Stoffen frei werdende Wärme als Kraftmaterial betrachtet; es kommen auch Verbindungen vor, bei deren Entstehung Wärme verschwindet, die dagegen bei ihrer Zersetzung Wärme liefern.

Derartige Stoffe scheinen in der organischen Natur nicht ganz selten zu sein. Wir sehen, dass bei der Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol Wärme frei wird, die Gärungswärme; ähnliches Verhalten wird für eine Reihe von Stoffen angenommen werden müssen, zum Theil ist der Beweis dafür schon geliefert. Eine der Hauptursachen für das merkwürdige Verhalten, das zunächst ganz unerklärlich erscheint, ist die Zusammensetzung, die auch sogenannte freie Moleküle, z. B. Sauerstoff, nach den Entdeckungen SCHÖNBEIN's erkennen lassen (FICK). An einem Beispiel wird der Vorgang am einfachsten werden. Bei der Zersetzung des Stickoxyduls ( $\text{NO}$ ) in Stickstoff und Sauerstoff wird Wärme frei. Stickstoff und Sauerstoff ziehen sich gegenseitig an, durch ihre Verbindung muss eine bestimmte Summe lebendiger Kraft gebildet werden; da diese nicht zum Vorschein kommt, so müssen wir annehmen, dass für sie eine während der Verbindung eintretende innere Arbeit verbraucht werde. SCHÖNBEIN lehrt, dass jedes Molekül freier Sauerstoff aus zwei Atomen zusammengesetzt ist, die beide Sauerstoff sind, aber einen electrischen Gegensatz zeigen. Ozon  $\ominus$  und Antiozon  $\oplus$ , freier Sauerstoff ist eine Verbindung von  $\ominus + \oplus$ . Diese Sauerstoffatome müssen zuerst mit Aufwand einer gewissen Kraftsumme getrennt werden, wiewohl eins derselben sich mit dem Stickstoffatom verbinden soll. Zu dieser Trennung der Sauerstoffatome wird die bei der Verbindung des Stickstoffatoms mit dem einen getrennten Sauerstoffatom entstehende lebendige Kraft verbraucht. Es ist das ein Beispiel dafür, dass bei Verbindungen von Stoffen überhaupt, wie wir schon oben sahen, meist mehrere Processe neben einander herlaufen, von denen die einen Kräfte verbrauchen, die anderen Kräfte liefern, die algebraische Summe kommt zur Wahrnehmung als Verbindungs- = Verbrennungswärme, die also theoretisch betrachtet entweder negativ oder positiv sein kann. Die bei der Bildung des Moleküls Stickoxydul verbrauchte Wärme wird bei der Trennung desselben wieder frei, indem sich die abgespaltenen Sauerstoffatome wieder paarweise zu neutralem Sauerstoff verbinden. Es ist experimentell nicht festgestellt, ob dieser Erklärungsgrund ausreicht für derartigen Fälle, von denen die explosiven chemischen Verbindungen die geläufigsten Beispiele liefern. Von manchen Seiten wird der Spaltung des Eiweisses hypothetisch eine bedeutende Kraftentfaltung zugeschrieben, die bei der Muskelthätigkeit zur Wirkung kommt. Analog wie Sauerstoff verhalten sich bekanntlich auch noch andere Elementarstoffe, z. B. Kohlenstoffatome können sich chemisch unter einander verbinden, ihre Trennung braucht dann Kraft.

Die Kräfte, über die der animale Organismus verfügt, stammen nach dem Vorstehenden: aus der chemischen Stoffzersetzung und Stoffverbindung, vor Allem der organischen Oxydation, Vorgänge, die wir als »Stoffwechsel« im vorigen Capitel zusammenfassten.

Durch eine Reihe von mechanischen Vorgängen im Organismus, wie z. B. die Reibung des Blutes in den Venen und Arterien, wird Wärme geliefert, d. h. lebendige Kraft frei, die der Organismus auch zu seinen Zwecken verwenden kann. Man hat hienieder gemeint, dass, da dieser Satz unbestreitbar ist, ein Theil der von dem Thierorganismus erzeugten lebendigen Kraft (Wärme) nicht den chemischen Processen des Stoffwechsels entstamme, dass sich die aus den mechanischen Vorgängen hervorgehende Wärmemenge zu der durch chemische Ursachen erzeugten hinzuaddire. Diese Meinung ist irrig, da man nicht vergessen darf, dass die Kraft, mit der sich das Blut bewegt, und die du

reibung in Wärme umgesetzt wird, von der Muskulatur des Herzens aus chemischen Umsatzvorgängen geliefert wird. Analog ist es mit der Wärme, die aus den Athembewegungen etc. entsteht; alle diese mechanisch erzeugten lebendigen Kräfte stammen in ihrem letzten Grunde doch dem Stoffwechsel, so dass wir diesen als die einzige Ursache der Kraftherzeugung betrachten müssen. Die Wärmemengen, die aus den angegebenen mechanischen Ursachen im menschlichen Körper entstehen, sind sehr bedeutend. Der Aortenkreislauf leistet nach FICK in 24 Stunden eine Arbeit von etwa 40000 Kilogramm-meter, was mit 100 Wärmeeinheiten gleich ist. Nach VOLKMANN's Angaben noch  $\frac{1}{2}$  mal mehr. Durch die Reibung wird diese gesammte Kraftsumme in Wärme verwandelt; der menschliche Körper liefert sonach allein durch die Reibung in seinen Blutgefässen wenigstens eine Wärmemenge, um 100 Kilogramm = 200 Pfund Wasser um  $1^{\circ}\text{C}$ . zu erwärmen. Nach der Schätzung von DONDERS beträgt die Arbeit eines Athemzugs 0,68 Meterkilogramme; rechnet man auf die Stunde 100 Athemzüge, so beträgt die fast ganz in Wärme sich umwandelnde Respirationsarbeit in einer Stunde 567 Meterkilogramme, in 24 Stunden 13608 Meterkilogramme, in runder Summe 13 Wärmeeinheiten. Legen wir die FRANKLAND'schen Verbrennungswärmebestimmungen einer Berechnung der Wärmemenge zu Grunde, welche ein Erwachsener in 24 Stunden producirt, so finden wir dafür im Durchschnitt etwa 2200 Wärmeeinheiten (cf. thierische Wärme). Rechnen wir zur Wärmeerzeugung durch Blutcirculation und Athmung noch die Wärmemenge zu, welche durch die übrigen Bewegungen im Organismus erzeugt wird: Lymphbewegung, Bewegung der Eingeweide etc., so finden wir, dass die auf die angegebene Weise mechanisch erzeugte Wärme etwa  $\frac{1}{10}$  der Gesamtwärmeproduktion des Körpers ausmacht.

Noch eine Reihe anderer Processe theiligt sich in dem secundären Sinn wie die Reibung an der Produktion der im thierischen Organismus auftretenden lebendigen Kräfte. Das Nähere wird bei der Besprechung der Quellen der Muskelkraft beigebracht werden. Hier soll nur daran erinnert werden, dass durch »Umlagerung der Atome« in einer chemischen Verbindung schon grosse Mengen von lebendiger Kraft geliefert werden können, wie das oben angeführte Beispiel von dem unter Wärmeentwicklung eintretenden Uebergang von Cyan in Paracyan lehrt. Diffusion, Imbibition, die je nach den Lebenserscheinungen der Gewebe verschieden stark sind, Veränderung der Cohäsion und Elasticität sind als Kraftquellen bekannt, die in dem animalen Organismus ihre Wirkungen entfalten. In Veränderungen der angedeuteten mechanischen Verhältnisse der Organe speichern sich die aus dem Stoffwechsel stammenden Kräfte zum Theil auf. Die Kraftentwicklung der Organe (Muskeln, Nerven etc.) hat ihre nächste Quelle, neben dem fortschreitenden Stoffwechsel, theilweise in derartigen mechanischen kraftliefernden Veränderungen, die wir bei Arbeitsleistung in den Organen eintreten sehen.

## Mechanische Arbeitsleistung durch Contractilität der Zellen, Flimmerzellen.

Unter den lebendigen Kräften, die wir von der animalen Zelle entwickelt sehen, steht die mechanische Arbeitsleistung durch Contractilität oben an. Wärme- und Electricitätsentwicklung in den Zellen und den Organen finden in der Folge im speciellen Theil ihre ausführliche Darstellung.

Wir sehen die Erscheinungen der Contractilität an das eiweissreiche Zellenprotoplasma geknüpft. Ueberall, wo wir mechanische Leistungen als Eigenbewegungen der Zellen — Locomotionen — oder Bewegung grösserer Organe oder des Gesamtkörpers antreffen, beruhen diese auf Gestaltsveränderungen des Protoplasma.

Die Ausdrücke: Contraction und Contractilität beziehen sich zuerst auf die flachen Muskelzellen und quergestreiften Muskelschläuche. Diese zeigen auf Reize eine Verkürzung und Verdickung, sie ziehen sich zusammen, werden mehr oder



weniger kugelig, und können dadurch, weil sie im Ruhezustand bandartige Längen besitzen, entferntere Organteile, an denen sie mit beiden Enden festigt sind, einander annähern.

Die Gestaltsveränderungen der übrigen Zellen, welche die neuere Forschung als contractil erkannte, sind davon principiell nicht verschieden. Die Contraction des Protoplasma ist entweder eine totale oder eine partielle. Im ersteren Fall nimmt die ganze Masse die Kugelgestalt an, oder nähert sich derselben möglichst. Viel gewöhnlicher sind partielle Contraktionen, die mannigfachen Formveränderungen bestehen, oder in Bewegungen von Flüssigkeiten in dem Protoplasma. Diese letzteren sollen durch partielle Contraction des Protoplasma, die HEIDENHAIN mit den peristaltischen der Darmmuskulatur vergleicht, hervorgerufen werden. Das aktive Aussenden von Fortsätzen aus der Zelle geschieht ebenfalls durch partielle Contraction. Der Ruhezustand der Zelle ist bei freien Zellen meist mit der kugeligen Form verbunden, bei verbundenen und freien stets mit der Form, in welcher sich alle auf die Zelle wirkenden Kräfte das Gleichgewicht halten. Gehen wir der Einfachheit wegen von der kugeligen Gestalt der Zelle aus, so erfolgen die partiellen Contraktionen des Protoplasma stets in peristaltischer Weise, indem sich in der Richtung des grössten oder kleinsten Kreises der kugeligen Zellenoberfläche das Protoplasma zusammenzieht. Diese regelmässige Form der Contraktionen bei allen Protoplasmakörpern lässt auf eine ganz regelmässige und übereinstimmende Structur desselben schliessen. Die Zellvermehrung durch Theilung des Protoplasmas hat man schon seit längerer Zeit als ein Contractionsphänomen aufgefasst.<sup>3</sup> Hier findet zunächst eine partielle Contraction in der Richtung des grössten Kreises statt, welche die der Theilung vorausgehende biscuitförmige Einschnürung hervorruft. Schreitet die Contraction nach rechts und links vom dem primär contrahirten grössten Kreisabschnitte fort, so entsteht die Wurmförmigkeit der Zelle, contrahirt sich das Protoplasma in der Richtung aller seiner grössten Kreise, so entsteht die Kugelform der Contraction. Beginnt die Protoplasmaconcentration an der Zellenoberfläche an einem kleinsten Kreise, und schreitet sie auf grössere Kreise fort, so entstehen mehr oder weniger feine Ausläufer, die durch Nachlassen der Contraction wieder eingezogen werden können. Formveränderungen, die mit voller Gewissheit auf Contractilität deuten, sind bis jetzt fast nur noch an den Nervenzellen und rothen Blutkörperchen vermisst. Sonst zeigen wohl alle jugendlichen Zellen, namentlich lange die Grenzsichten des Zellinhaltes noch nicht zu einer festeren Membran erhärtet sind, Bewegungserscheinungen. Sehr lebhaft sind die Bewegungserscheinungen an befruchteten Eiern (Fischeiern).

Am bekanntesten sind amöboide Gestaltsveränderungen an jenen im Thierreich kugeligen, freien Zellen, die im thierischen Körper so vielseitig vorkommen und als farblose Blutkörperchen, Lymph- und Chyluskörperchen, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, Wanderzellen beschrieben werden (Fig. 53). Ihre Contraktionen sind lebhaft bei einer Temperatur, welche der des lebenden Körpers entspricht oder sehr wenig höher ist. In wasserreicheren Flüssigkeiten ist die Contractilität der Körperchen eine lebhaftere als in concentrirteren (R. THOMA). Leichter an diesen Zellen aus den Flüssigkeiten des Menschen- und Säugethierkörpers können die fraglichen Bewegungen an den analogen Zellen vom Frosch



bachtet werden, namentlich an Eiterkörperchen aus der wässerigen Flüssigkeit des Auges bei (künstlicher) Hornhautentzündung. Bringen wir, nicht ohne Erfüllung gewisser Vorbedingungen, ein Tröpfchen dieser Flüssigkeit unter das Mikroskop, so zeigen ihre Zellen die verschiedensten zackigen Gestalten (Fig. 52).

Fig. 52.



Contractile Zellen aus dem Humor aqueus  
des entzündeten Froschauges.

Fig. 53.



Contractile farblose Zellen des menschlichen Blutes; a 1—10 auf einander folgende Formveränderungen einer Zelle im Laufe von 40 Minuten; b eine sternförmige Zelle.

Mehr trüg oder rascher sehen wir die Form dieser Ausläufer und Zacken sich verändern. Aus dem Zellenkörper treten dünne, fadenförmige Fortsätze oft ziemlich rasch hervor, andere breitere verästeln sich. Berühren sich solche ausgeendete Aeste benachbarter Fortsätze, so fließen sie in einander und bilden tierliche Maschenräume. Andere Ausläufer verkürzen sich dagegen und ziehen sich ganz in den Zellenleib zurück. Im Zelleninhalt zeigt sich ein Strömen der rottoplasmakörnchen. Erst bei dem Eintritt des Todes lässt dieses Bewegungsspiel nach, die Zelle wird rundlich, kugelig und nimmt so die Form an, die man früher allein für sie charakteristisch hielt. An den Zellen des lebenden Indegewebes und an den sternförmigen Zellen der Hornhaut haben KÜHNE u. A. ein ähnliches Spiel von Bewegungserscheinungen gesehen. Auch Drüsen- (Leber-) Zellen sollen derartige Bewegungen zeigen. KÖLLIKER sah Saftströmungen in animalen Zellen (in Zellen von *Polyclinium stellatum* und in Knorpelzellen der Kiemenstrahlen von *Branchyomma*), die, wie analoge Erscheinungen bei Pflanzenzellen, auf Strömungen des Protoplasma vom Kern gegen die Peripherie beruhen.

An den Wimper- oder Flimmerzellen gewisser Epithelien: Athemorgane vom Naseneingang bis in die feinsten Bronchien, in den Geschlechtsorganen von den Eiern bis zum Muttermund, in den Hirnhöhlen, stehen feine Härchen an der Oberfläche eines Theiles der Zellmembran: die Wimperhärchen oder Flimmercilien. So lange diese Zellen leben, sind die Härchen in fast unablässiger schwingender Bewegung begriffen. Auch diese Bewegungen scheinen auf Contractionsphänomenen des Zellenprotoplasma zu beruhen, in welche neuere Beobachter die »Wurzeln« der Cilien verfolgt haben wollen (VALENTIN, HELMANN, FRIEDREICH, EBERTH u. A.). Eine Einwirkung des Nervensystems scheint nicht stattzufinden. Die Härchen können durch ihre Bewegungen leichte

Körperchen, Schleim etc. in bestimmter Richtung fortschleudern; man kann diese Bewegung kleiner Körperchen, z. B. aufgestreuter Kohlestäubchen, an der Mundschleimhaut des Frosches sehr leicht beobachten. Diese Bewegungen werden durch Wärme (CALLIBURCES u. A.) beschleunigt, ebenso durch electriche Ströme, gleichgültig von welcher Richtung. Uebrigens ist die Kraft, welche sie dabei entwickeln, nicht ganz gering, BOWDITCH berechnet dieselbe für je 1 cm<sup>2</sup> Oberfläche flimmernde Schleimhaut des Frosches zu 6,805 Gramm millimeter in der Minute; auf ihr eigenes Gewicht bezogen sei ihre Arbeitsleistung 35 mal kleiner als die quergestreifter Muskeln.

An Kernen von Zellen zeigen sich bei höheren Thieren selten Bewegungen. Die Lebensbedingungen der Samenfäden oder Zoospermien sind genau die gleichen, welche für die Flimmerbewegung aufgefunden wurden. Die Bewegung des Schwanzes der Zoospermien ist ganz analog der der Cilien der mehrhaarigen Flimmerzellen; der Samenfaden kann als eine Flimmerzelle mit nur einer Cilie angesprochen werden.

In den Pigmentzellen der Frösche, in den Knorpelzellen, die beide auch contractil sind, in den Eiterkörperchen, weissen Blutkörperchen, Schleim- und Speichelkörperchen finden sich die Inhaltskörnchen in einer Molekularbewegung, die mit dem Leben der Zelle schwindet. Es ist wahrscheinlich, dass diese Körnchenbewegung theilweise denselben Grund hat, wie die Molekularbewegung, die man an unorganischen, sehr feinen Niederschlägen in Flüssigkeiten wahrnimmt. Mit dem Absterben der Zellen tritt meist ein Festwerden des flüssigen Inhalts und damit Molekularruhe ein.

V. RECKLINGHAUSEN, ENGELMANN u. A. beobachteten zuerst an den contractilen Körperchen von der Froschhornhaut eine Ortsveränderung innerhalb des Gewebes, sie schieben sich durch Gewebslücken hindurch und legen so nicht ganz langsam ziemliche Strecken zurück: Wanderzellen im Gegensatz zu den fixen Hornhautkörperchen. Sie wechseln dabei fortwährend ihre Gestalt, indem sie sich dem engen Raum anpassen. COHNHEIM lehrte uns, dass die weissen Blutkörperchen aus den Gefässen aus- und in die Gewebe einwandern können.

HÄCKEL, RECKLINGHAUSEN, LIEBERKÜHN u. A. sahen Körnchen von zerriebenen Zinnober, Karmin, Indigo, kleine Fettmoleküle der Milch von Zellen mit amboider Bewegung in ihr Protoplasma aktiv aufgenommen werden. An die ausgesendeten Zellenfortsätze hängen sich die Körnchen an, das Protoplasma «umfließt» sie und hüllt sie ein; werden die Fortsätze eingezogen, so gelangen mit ihnen die Körnchen in das Protoplasma. Besonders deutlich sieht man diesen Vorgang der Zellenfütterung an den farblosen Zellen des Blutes, der Lymphe, des Eiters. Im lebenden Organismus sehen wir auch grössere geformte Massen in das weiche Zellenprotoplasma eindringen: eingedrückt werden: Farbstofftrümmer, Fettkügelchen, selbst ganze Blutkörperchen (blutkörperhaltige Zellen) (W. PREYER) finden wir im Zelleninnern eingebettet. Die Colostrumkörperchen der Milch, welche auch aktive Contractilität zeigen, geben dagegen ihre Fettkörnchen aktiv ab, so dass sonach Aufnahme und Abgabe von Stoffen von Seite des Protoplasma als ein aktiver Contractionsvorgang erscheint (STRICKER).

Die Stoffaufnahme und das aktive Wandern der Zellen öffnen dem Blick

ine neue Welt minimaler Vorgänge (FREY). Amöboide Zellen, die wir in thierischen Flüssigkeiten und Geweben so häufig finden, ohne uns ihr Vorkommen vollkommen erklären zu können, können aus tiefer gelegenen Organpartien ausgewandert sein. Geformte Partikelchen von Ferment- und Ansteckungstoffen können, in Amöboidzellen aufgenommen und von diesen nach entfernten Lokalitäten des Körpers gebracht, zu schweren Folgen für den Organismus führen.

Die Contractilitäts-Erscheinungen des Protoplasma sind offenbar in vielen Fällen von dem Einfluss des Nervensystems unabhängig, wie sich aus der That-  
sache ergibt, dass auch freie, einzelne Zellen solche Bewegungen zeigen. In anderen contractilen Zellen und Zellenderivaten: glatten und quergestreiften Muskeln, Pigmentzellen der Batrachier, wirkt Nerveneinfluss normal bei der Contraction mit. Der motorische Nerv tritt hier in mehr oder weniger directe Verbindung mit dem contractilen Protoplasma.

### Bedingungen der Contractilität des Protoplasma.

Man hatte bisher vorzugsweise die chemisch-physikalischen Lebenserscheinungen der animalen Zellengebilde an dem Muskelgewebe untersucht. Die neueren Untersuchungsergebnisse erstrecken sich auf die Lebensbedingungen des Nervengewebes und einzelner Zellen. Im Allgemeinen zeigt sich eine ungemeine Uebereinstimmung in den Lebensbedingungen der verschiedensten Zellen und Zellenabkömmlinge. Nach den Untersuchungen von KÜHNE, ERZMANN u. A. zeigt sich eine solche in der angedeuteten Richtung zwischen dem Protoplasma der einzelnen Zellen und den Muskeln; dieselbe Behauptung lässt sich auch zwischen Zellenprotoplasma und Nerven aufstellen (cf. Nerven). Die Bedingungen der Contractilität des Protoplasma sind die Hauptlebensbedingungen aller Zellen und Zellenabkömmlinge.

Die Contractilität des Protoplasma ist vor allem abhängig von seiner normalen chemischen Zusammensetzung. Alles, was Gerinnung in den Eiweisskörpern des Protoplasma hervorruft, ist der Contractilität feindlich. Bei dem Tode der Zellen taucht sich in ihnen eine freie Säure an, welche Gerinnselausscheidungen (z. Th. Myosin-erinnung) verursacht. Diese Gerinnungen sind die directe Ursache des Aufhörens der Contractilität absterbender Zellen. Alle Einflüsse, welche eine Säureanhäufung in der Zelle bedingen, wie starke Thätigkeit, übermässig gesteigerte Wärmezufuhr, vernichten oder schwächen diese Lebenserscheinungen ebenso wie direkte Applikation von verdünnten Säuren (HUIZINGA). Auch die Kohlensäure, welche im Verlaufe des allgemeinen Zellenlebens sich fortwährend bildet, hebt schon in geringen Mengen die Contractilität auf. Durch Entfernen der Kohlensäure (z. B. durch einen Strom von Wasserstoffgas) kehrt oft die Contractilität zurück, so lange noch keine tödtlichen Veränderungen des Protoplasma eingetreten sind. Die physiologische Bedeutung der einen Seite der Zellenaathmung, der Kohlensäureausscheidung, ist dadurch erklärt. Schwache Alkalien lösen die Wirkung der schwachen Säuren, auch der Kohlensäure wieder, doch sind auch sie für sich allein nicht ganz unschädlich; haben sie Stillstand verursacht, so kehrt die Bewegung durch Hinzuführung schwacher Säuren (Neutralisation) zurück. Destillirtes Wasser kann ebenfalls Gerinnung des Protoplasma hervorrufen, da ein Theil der Eiweisskörper desselben nur in Salzen gelöst ist. Etwa bei 40° C. tritt die Veränderung des Protoplasma durch Wärme, eine Art »Starre«, ein, festwerden durch Gerinnung ein, wie wir das bei den Muskeln noch näher kennen lernen werden. Diese »Wärmestarre« vernichtet endlich die Erregbarkeit definitiv. Die Contractilität ist weiter abhängig von einer Aathmungs-Aufnahme von Sauerstoff in die Zellen. Sauerstoffmangel macht das Protoplasma bald bewegungslos, ebenso wirken eine Reihe giftiger Stoffe: Alkohol, Chinin etc.

Das Protoplasma wird zu seinen Bewegungen angeregt durch Reize; es sind dieselben die wir auch für Muskel- und Nervengewebe in dem gleichen Sinne wirksam finden werden. Im Allgemeinen sehen wir, dass alle diejenigen Agentien, welche rasch eine bedeutendere Aenderung in der Lebensenergie des Protoplasma hervorrufen Reize sind und Contractionen bewirken. Diese Veränderung der Lebensintensität kann eine Schwankung nach aufwärts oder nach abwärts sein. So sehen wir Wärme und Electricität das Protoplasma zu Bewegungen anregen, in einer Intensität angewendet, in welcher sie die Lebensenergie erhöhen, wie wir oben schon bei der Betrachtung der Flimmerbewegung sahen; so sehen wir Kälte und mechanische Alterationen, übermäßige Wärme und Electricität als Reize wirken, obwohl sie die Lebensenergie des Protoplasma vernichten oder wenigstens herabsetzen. Es steht der Bewegung des ruhenden Protoplasma eine Hemmung entgegen, die zum Theil in der Wirkung der »ermüdenden Stoffe«, zum Theil in der Stärke der in dem Protoplasma fließenden electrischen Ströme beruht. Diese Hemmung wegzuräumen, ist Aufgabe der Reize; alle haben sonach, wie das für die Nerven definitiv erwiesen ist, eine Erhöhung der Erregbarkeit des Protoplasma und Schwächung der elektromotorischen Eigenschaften als erste Wirkung, der erst dann der Eintritt der wahren Erregung folgt.

Bei dem Zellenprotoplasma sehen wir unter gewissen Umständen ein Schwächerwerden der aktiven Thätigkeit, endlich ein Aufhören derselben eintreten. Das Sistiren der Protoplasma-bewegungen kann entweder ein definitives sein: Tod der Zelle, oder es kann möglicherweise wieder in Bewegung übergehen: Ermüdung der Zelle. Beide Vorgänge haben insofern eine Aehnlichkeit, als sie auf analogen, primär den gleichen chemischen Veränderungen des Protoplasma beruhen. Diese Veränderungen bestehen bei der Ermüdung 1) in Anhäufung gewisser, die Protoplasma-bewegung hindernder Stoffe: ermüdender Stoffe von denen für das Zellenprotoplasma die bei dem Umsatz desselben entstehenden fixen Säuren (z. B. Milchsäure etc.), die gasförmige Kohlensäure und die Kalisalze auf ihre Wirkung näher untersucht sind (J. RANKE); 2) in Mangel an Sauerstoff. Eine Ermüdung aus Mangel an zersetzbarem Material ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden; obwohl von vielen Physiologen angenommen, ist sie mehr als unwahrscheinlich. Durch Entfernung der ermüdenden Stoffe, meist schon durch Neutralisation der Säuren oder Alkalien, und durch Neuzufuhr von Sauerstoff verschwindet die Ermüdung. Haben chemische Veränderungen im Protoplasma zu Gerinnungen der Albuminate geführt, so geht die Ermüdung in Tod über. Künstlich kann aber auch die Gerinnung manchmal wieder gelöst und damit schon schon abgestorbenen Zellen die Erregbarkeit zurückgegeben werden.

**Die Bewegung der Flimmerzellen**, welche neuerdings näher studirt worden verdient eine eigene Betrachtung, obwohl sie in ihren Bedingungen mit den allgemeinen Gesetzen der Protoplasma-bewegung animaler Zellen übereinstimmt. ENGELMANN fand in seinen Untersuchungen der Flimmerbewegung bei Wirbelthieren, vor allem bei dem Frosch, dass unter normalen Verhältnissen jedes Flimmerhaar in einer senkrecht auf der Oberfläche der Zelle stehenden Ebene schwingt. Die Schwingungsrichtungen benachbarter Flimmerhaare sind unter sich und im Allgemeinen der Längsaxe des Organs, in dem sich Flimmerzellen finden, parallel. Jedes Flimmerhaar macht normal wenigstens 12 ganze Schwingungen in der Secunde. Jede ganze Schwingung besteht aus zwei halben Schwingungen ungleicher Dauer, die Contraction des Haars dauert länger als die Erschlaffung. Erschlaffung und Contraction pflanzen sich abwechselnd in Form einer Welle mit der Geschwindigkeit von wenigstens 0,24 mm in der Secunde peristaltisch über das Haar fort. Aus dem lebenden Organismus entfernte Flimmerzellen (Flimmerhaare) werden auch in indifferenten Flüssigkeiten (Blutserum, Kochsalzlösung von 0,6 — 40 ‰) nach und nach starr, meist werden die oberen Theile der Haare zuerst bewegungslos, dadurch werden die Haarbewegungen »hakenförmig«: die Haare beugen sich wie im Knie; im umgekehrten Falle werden die Bewegungen »pendelnd«: durch unsymmetrische Erstarrung wechselt die Bewegung ihre Richtung. Dem Eintritt der Starre geht ein Stadium der Ermüdung voraus, die Geschwindigkeit der Contractionsbewe-

und die Grösse der Contraction nimmt ab. Die Starre beruht auch hier theils auf Mangelnder Sauerstoffzufuhr, theils auf dem Eintritt von Gerinnung der Eiweissstoffe des Protoplasma, theils auf Anhäufung von Säure (ermüdenden Stoffen). Nach den Mittheilungen von ENGELMANN ist die Starre theils als fortgesetzte krampfartige (tetanische) Contraction des Protoplasma, theils als wahre Todesstarre aufzufassen. Die Beobachtungen von CALLIBURCES, dass Flimmerbewegungen beschleunigt werden durch Erwärmung auf etwa 30°, bestätigten; höhere Temperaturen, beim Frosch 44°—45°, bewirken Stillstand, der bei Abkühlung wieder aufhört, bei noch höheren Graden und längerer Einwirkung aber beständig ist (Tod). ENGELMANN hält den vorübergehenden Stillstand dem »Wärmetetanus«, den bleibenden der »Wärmestarre« der Muskeln für entsprechend. Kälte hemmt ebenfalls anfänglich vorübergehend, später dauernd die Bewegung, so dass sie durch Erwärmen nicht wieder hervorgerufen werden kann. Der Grad, bei welchem vorübergehender oder definitiver Stillstand eintritt, ist verschieden. Gefrorene Flimmerzellen bewegen ihre Cilien manchmal nach dem Auftauen noch kurze Zeit. Die Wirkung der Electricität auf die Flimmerbewegung wurde von ENGELMANN, J. KISTIAKOWSKI und A. STUART beobachtet. K. untersuchte zuerst mit unpolaren Electroden. Er beobachtete das Wandern eines an einem Kokonfaden aufgehangenen Siegellackknöpfchens, das die abpräparirte Gaumenhaut des Frosches lose berührte, auf dieser hin. ENGELMANN construirte für die Beobachtungen eine Flimmeruhr und Flimmermühle. Konstante Ströme jeder Richtung beschleunigten die Flimmerbewegung und damit die Bewegung des kleinen Siegellacksignals; dasselbe trat durch Inductionsströme ein. Die Beschleunigung überdauerte die Ströme einige Zeit. Natürlich oder künstlich z. B. durch äusserst verdünnte Säuren ermüdete, sich langsam oder gar nicht mehr bewegendes Flimmerzellen können durch rasch verlaufende positive oder negative Schwankungen konstanter electricischer Ströme oder durch Inductionsströme erregt werden, ganz wie Muskeln und Nerven (ENGELMANN); man beobachtet auch ein Stadium der latenten Reizung (cf. Muskel), dessen Dauer bei sehr schwachen Strömen bis auf 5 Secunden und mehr anwachsen kann. Sehr starke electricische Schläge oder fortgesetzt einwirkende Wechselströme vernichten die Cilienbewegung. Gegen chemische Einflüsse, z. B. Wasserentziehung und Wasserimbibition durch Veränderung der Concentration der bespülenden Flüssigkeit ist die Flimmerbewegung sehr empfindlich, Wiederherstellung der normalen Concentration ruft oft die Bewegung wieder hervor. Die Wirkung der Säuren und Alkalien ist die oben angegebene, gleichgültig, ob sie als Flüssigkeiten oder Gase einwirken. Säuren wirken schon in grösserer Verdünnung schädlich als Alkalien, der Stillstand durch verdünnte Säuren kann durch verdünnte Alkalien wieder aufgehoben werden und umgekehrt. Der Kohlensäurestillstand kann durch Entfernen des Gases durch einen Wasserstoffstrom wieder verschwinden (ENGELMANN). Ammoniak, Kali, Natron wirken direct als Reize, insofern sie bei »ermüdeten Flimmerzellen« die Bewegungen wieder hervorrufen, wie electricische Stromschwankungen, ebenso Wärme. Die beginnende Wärmestarre und die natürliche Ermüdung, bei denen sich also offenbar Säure im Zellenprotoplasma bildet, kann nicht durch schwache Säuren, wohl aber durch schwache Alkalien aufgehoben werden. Mangel an Sauerstoff hebt die Flimmerbewegung ziemlich rasch auf, Zufuhr von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft bringt die Bewegungen zurück. KÜHNE bewies, dass die Flimmerzellen dem Oxyhämoglobin den Sauerstoff entziehen und auf dessen Kosten ihre Wirkung fortsetzen können; die Flimmerbewegung steht still, sobald die Hämoglobininlösung, in der sich Flimmerzellen bewegen, die beiden Streifen des Oxyhämoglobins nicht mehr zeigt; die Bewegung beginnt wieder mit der Neuzuführung von Sauerstoff zu dem Hämoglobin. Das Protoplasma zeigt also eine sehr kräftige Anziehung für Sauerstoff, den es nicht nur frei aufnehmen, sondern auch aus schwachen Verbindungen für seine Zwecke frei machen kann.

Das Verhalten des Flimmerzellen- und des anderen animalen Protoplasma ist sonach mit dem der contractilen Fasern und Nerven (J. RANKE) ganz übereinstimmend; ENGELMANN hat auch eine regelmässige Electricitätsentwicklung an den Flimmerzellen wahrgenommen, die seinen Angaben nach dem Muskel- und Nervenstrom E. DU BOIS-REYMOND'S entsprechen soll.



Man hat sich vielfältig nach den Ursachen gefragt, welchen die Flimmerbewegung entspringt. Nach den Darstellungen, die wir oben gegeben, wären die Cilien selbst contractil, nach den Angaben Anderer durchsetzen die Cilien die Zellmembran, au der sie hervorragen, und treten mit dem Protoplasma in Verbindung, so dass sie an den Bewegungen desselben entweder passiv theilnehmen oder vielleicht als Bestandtheile desselben aktiv. A. STUART will an gewissen Flimmercilien (der Eolidinenlarven) an Muskelfasern erinnernde Querstreifung, in dem Zellprotoplasma selbst eine sehr dichte Längsstreifung gesehen haben; bei den verlangsamten Flimmerbewegungen sah er den Kern der Zelle sich mit auf und abwärts bewegen, was auf eine abwechselnde Contraction des Protoplasma deuten würde. Bei einigen Thieren sind Cilienbewegungen offenbar freiwillig und stehen unter dem Einfluss des Nervensystems wie die Wimperbewegungen an den Ruderorganen der Räderthiere. Betrachtet man Thierchen, wenn sie die Bewegung anfangen, so sieht man immer deutlich ein Ausstrecken und Anziehen, ein Greifen der gekrümmten Wimpercilien, das aber alsbald in das Wirbeln übergeht, welches eine andere Art von Bewegung ist, als jenes Greifen (ENATZBERG). Das »contractile Gewebe an der Basis der Cilien« kann wohl entweder »spontan« oder bei anderen Wesen unter Nerveneinfluss in Bewegung gesetzt werden. Bei den Wirbelthieren ist die Flimmerbewegung vom Nervensystem direct nicht abhängig, seine Bewegungen gehen bei Vernichtung der Nerventhätigkeit, wie es scheint, ungestört fort. Bei Vögeln und Säugethieren dauern bei 45° C. die Bewegungen  $\frac{3}{4}$ —4 Stunden (VALENTIN), hören aber schon 50° auf. Normale Ermüdungserscheinungen der Flimmerbewegung zeigen sich an ausgeschnittenen Flimmermembranen und einzelnen Zellen; J. MÜLLER machte aber auch auf zwar zuerst darauf aufmerksam, dass an den unverletzten Kiemen der Anneliden zuweilen grosse Strecken ganz ruhen, um nach einiger Zeit ihre Thätigkeit wieder zu beginnen. Ermüdung ist an sich noch kein Beweis für die Nervenwirkung, da das Protoplasma durch seine eigene Thätigkeit die chemischen Veränderungen der Ermüdung einleitet. — Ueber das Wesen der Contractilität und die dabei stattfindenden Kräfteübertragungen vergleiche man, wie über andere naheliegende Fragen, bei Muskel.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Man hat neuerdings die Contractilität des Protoplasma an niederen Thieren und an Pflanzen untersucht. Bei der Besprechung der Flimmerbewegung wurden betreffende Beobachtungen schon erwähnt.

Die Untersuchungen KÜHNE's zeigen, dass die Amöben sich gegen die gleichen physiologischen Eingriffe, denen wir die Flimmerzellen aussetzten, sich ebenso wie diese verhalten. Sie haben keine Membran. Unter der Einwirkung von Schwankungen der Electricität nehmen sie Kugelgestalt an; sie verfallen in Tetanus; dasselbe ist durch Wärme der Fall, auch im Tode nehmen sie die kugelige Gestalt an. Auch Rhizopoden (Actinophrys Eichhorni), bei denen die Rindensubstanz aus einem »leichtflüssigen« Protoplasma besteht, zeigen das allgemeine Verhalten des Protoplasma gegen äussere Einflüsse. Sehr schwache Inductionsströme z. B. verursachen eine Einziehung der Pseudopodien durch allgemeine Contraction, Tetanus. Nach KÜHNE zeigen die Myxomyceten zweierlei Protoplasmaabewegungen. Jeder Myxomycetenast zeigt ein rasches Fliessen der in der Axe enthaltenen körnchenreichen Flüssigkeit und eine Formveränderung des ganzen Fadens. Besonders wichtig sind seine Untersuchungen über die Bewegungserscheinungen in den Staubfadenhaaren der Tradescantia virginica; die Protoplasmaströmungen zeigen sich abhängig von der Contractilität des Protoplasma, das sich gegen chemische Einflüsse, Electricität und Wärme ganz dem animalen Protoplasma entsprechend verhält; das Strömen des Protoplasma hört sofort auf, wenn der Luftzutritt verhindert wird sei es durch eine Oelschicht oder Wasserstoffatmosphäre; Kohlensäure bewirkt zunächst vorübergehenden, dann definitiven Stillstand der Bewegung, die überhaupt ohne Sauerstoff nicht bestehen oder eintreten kann; Sauerstoff ist unbedingt zur Erhaltung der Erregbarkeit erforderlich.



## Molekularstructur organisirter Gebilde.

In dem ersten Capitel haben wir uns ein Bild von dem Bau der organisirten Gebilde zu verschaffen gesucht, so weit er sich direct der mikroskopischen Beobachtung darbietet. Die molekulären Vorgänge in den Organismen zeigen uns, dass wir an denselben noch eine weit feinere Structur annehmen müssen, als sie uns das Mikroskop sichtbar machen kann.

Ueber den molekulären Bau organischer Theile von Thieren und Pflanzen sind von BRÜCKE, NÄGELI, SACHS u. A. Untersuchungen angestellt worden.

Das Protoplasma, Zellmembranen, Kerne und alle Zwischenzellenmassen, alle organisirten Gebilde, bestehen in ihrem natürlichen lebensfrischen Zustande in jedem Punkte, den wir mikroskopisch noch wahrnehmen können, aus einer Gemenge flüssiger und fester Substanzen. Nach BRÜCKE und NÄGELI haben wir uns ihren Molekularbau so vorstellen, dass feste Massentheilchen, umgeben von einer von denselben angezogenen »Wasserhülle«, die organisirten Theile bilden. Die Massentheilchen mit ihren Wasserhüllen ziehen einander an, es bleiben aber zwischen ihnen »Molekularinterstitien«, molekulare Räume, welche durch Wasser erfüllt werden. Diese festen Massentheilchen haben wir uns nach dem Sprachgebrauch der Physik so klein zu denken, dass wir sie mit den stärksten Vergrösserungen uns nicht sichtbar machen können. Schon die einfachsten und kleinsten dieser Moleküle sind sehr complicirte chemische Gebilde, z. B. ein Eiweissmolekül, ein Molekül leimgebender Substanz oder Fett oder Zucker setzen sich aus den verschiedenen chemischen Bestandtheilen zusammen, in die wir sie zerlegen können. Diese Einzelmoleküle der chemischen Substanzen, welche durch die rationelle chemische Formel der Verbindung repräsentirt werden, treten zur Bildung grösserer fester Massentheilchen oder zusammengesetzter Moleküle in sehr verschiedener Anzahl zusammen, so dass unbeschadet der Unmöglichkeit, die Moleküle wegen ihrer Kleinheit sichtbar zu machen, diese relativ doch sehr bedeutende Grössenunterschiede zeigen können. Nach den Anschauungen NÄGELI's sind die zusammengesetzten Moleküle, aus denen die organisirten Substanzen bestehen, krystallinisch und, wenigstens stets bei den Pflanzengeweben, doppeltbrechend und liegen lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung neben einander. Im befeuchteten Zustande ist in Folge überwiegender Anziehung, wie gesagt, jedes mit einer Hülle von Wasser umgeben, im trockenen Zustande berühren sie sich gegenseitig. Aus dieser Anordnung der Moleküle ergibt sich, dass im Innern eines organisirten Gebildes dreierlei Arten von Kohäsionskräften thätig sind. Einmal werden die Einzelmoleküle (NÄGELI's Atome) zu zusammengesetzten, für Wasser undurchdringlichen Molekülen vereinigt durch die gleiche Wirkung der Kohäsionskraft, welche sie in der anorganischen Natur zu Krystallen zusammentreten lässt. Es ziehen sich aber auch die mit Wasserhüllen umgebenen zusammengesetzten Moleküle untereinander selbst an und suchen sich einander möglichst zu nähern. Schliesslich wirkt auch noch die Anziehung der Oberfläche (oder Masse) des zusammengesetzten Moleküls auf das imbibirte Wasser und dieses bildet dadurch seine Wasserhülle um sich, wodurch dem Anziehungsbestreben der Nachbarmoleküle entgegen gewirkt wird. Dass die Form der organischen festen Massentheilchen nicht kugelig oder ellipsoidisch sein kann, sondern polyedrisch sein muss, geht

schon daraus hervor, dass das in die organischen Gebilde imbibirte Wasser sich nicht nach allen Richtungen gleichmässig einlagert. Indem mehr Wasser in die organisirten Theile eindringt, oder indem denselben ein Theil ihres Wassergehaltes durch Austrocknung entzogen wird, sehen wir sie nicht nur Volumveränderungen, sondern auch Formveränderungen eingehen. Bei der Quellung, die im Allgemeinen Volumszunahme bewirkt, sehen wir einzelne Dimensionen verkürzt, andere dem entsprechend vergrössert werden. Es zeigt das, dass die Molekularkräfte im Innern der organischen Bildungen nach verschiedenen Richtungen hin verschiedene Intensität haben, was sich nur bei einer polyedrischen Form der zusammengesetzten Moleküle erklären lässt (NÄGELI). Die Erscheinungen, welche die organischen Theile (der Pflanzen) im polarisirten Lichte zeigen lassen sich (nach NÄGELI, SCHWENDENER, SACHS) nur erklären, wenn wir den Molekülen eine krystallinische Gestalt und Structur zuerkennen. Diese zusammengesetzten organischen Moleküle sind optisch zweiachsig.

An jedem einzelnen Punkte des organisirten Gebildes scheinen sehr verschieden zusammengesetzte Moleküle, getrennt von ihren Wasserhüllen, nebeneinander zu liegen, durch die Kohäsionskräfte der chemischen und physikalischen Anziehung einander genähert. Wir haben es bei diesen Verhältnissen mit einem labilen Gleichgewichte zu thun, das beständige Molekularbewegung voraussetzt zum Ausgleich der beständig eintretenden Störungen. Indem die Moleküle sich chemisch oder physikalisch verändern, werden sich die Anziehungen der einzelnen gegen einander und gegen ihre Wasserhüllen wesentlich modificiren müssen. Mit der Vergrösserung der zusammengesetzten Moleküle wird die Kraft, mit der sie auf das sie umgebende Wasser wirken, eine geringere, mögen wir in der Berechnung von der Masse des Moleküls oder von seiner Oberfläche die auf die Wasserhülle ausgeübten Anziehungskräfte uns ausgehen denken (NÄGELI, SACHS). Dadurch kommen die festen Moleküle näher an einander zu liegen, die Kräfte, welche sie gegenseitig auf einander ausüben, werden in ihrer Wirkung verstärkt; die Dichtigkeit der Substanz nimmt zu, der Wassergehalt entsprechend ab. »Zersplittern« die festen Moleküle durch mechanische oder chemische Einflüsse zu kleineren Massentheilchen, so nimmt umgekehrt die Wassermenge, die um jedes Theilmolekül sich lagert, zu im Verhältniss zu der Menge, welche das grössere Massentheilchen um sich binden konnte, die Wirkung der kleineren, weiter von einander getrennten festen Massen aufeinander wird eine geringere, die Kohäsion und Dichtigkeit des Körpers nimmt ab. Die grössere oder geringere Dehnbarkeit sonst gleicher organischer Gebilde steht im directen Verhältniss zu ihrem Wassergehalt. Der Wassergehalt ist uns so direct ein Maass für die Grösse der festen Moleküle des betreffenden organischen Körpers (NÄGELI). Noch reichlicher müssen die chemischen Veränderungen zur beständigen Molekularbewegung beitragen. Die Nothwendigkeit der beständigen Sauerstoffaufnahme für das organische Leben, wodurch fortlaufende Stoffumbildungen eintreten, müssen nicht nur die Anziehung verschiedener Moleküle auf ihre Wasserhüllen, sondern auch die Wirkungen der Moleküle auf einander wesentlich verändern, so dass nur durch ebenso beständige Ausgleichung der Wirkungen der Molekularkräfte das labile Gleichgewicht aufrecht erhalten werden kann. Das Leben der Organismen ist geknüpft an diese fortwährend Molekulararbeit, zu welcher die Kräfte aus dem Stoffwechsel geliefert werden

ie äusserliche Ruhe, die wir an den lebenden organisirten Bildungen wahrnehmen, entspringt nur einer ununterbrochenen molekularen Veränderung, die das beständig gestörte innere Gleichgewicht beständig wieder herstellt.

Der beschriebene Molekularbau gibt uns Aufschluss darüber, wie fortwährend an jedem Punkt des Inneren gelöste und absorbirte Stoffe von aussen eintreten und nach aussen abgegeben werden können. Wachstum und Ernährung beruhen im Grunde auf ganz analogen Vorgängen. In die Molekularinterstitien dringen Lösungen fester Stoffe und Gase aus den die organischen Gebilde, z. B. die Zellmembran umgebenden Flüssigkeiten ein nach den (unten zu besprechenden modificirten) Gesetzen der Endosmose für lebende organische Theile. Die in der Lösung enthaltenen kleinen Moleküle lagern sich entweder an schon vorhandene zusammengesetzte an, ihre Wasserhüllen durchbrechend, so dass diese durch Apposition ihren durch den Stoffwechsel gesetzten Verlust entweder ausgleichen oder übercompensiren können. Die einströmenden Moleküle können sich in den mit Wasser erfüllten Molekularzwischenräumen auch mit neuen zusammengesetzten Molekülen vereinigen, die eine gemeinschaftliche Wasserhülle um sich bilden und sich wie die schon früher eingelagerten durch Apposition vergrössern. Durch diese Einlagerung von neuen Molekülen werden andere Moleküle aus ihren alten Verbindungen gedrängt, sie weichen aus einander, es findet Umfangszunahme des organisirten Gebildes statt, es wächst in der Dicke und Länge. Indem Lösungen und Gase in das Innere der Gewebsbestandtheile eindringen oder dort sich durch chemische Umsetzung (Stoffwechsel) zersetzen, werden sie das Molekulargleichgewicht stören, sie werden Einflüsse von verschiedenen Seiten entfalten und erfahren. Die Ernährungsflüssigkeiten nehmen, so lange sie sich zwischen den Molekülen eines organisirten Gebildes befinden, direct Theil an der Erzeugung der Kräfte: — Molekularbewegung, Wärme, Electricität, die mit dem Leben untrennbar verknüpft sind —, sie sind integrirende Bestandtheile des lebenden Gewebes, in welches sie eingetreten sind.

Die Ursachen der Flüssigkeitsströmungen durch organisirte Theile, z. B. Zellmembranen, Protoplasmabildungen, beruhen im Allgemeinen auf den anorganischen Gesetzen der Diffusion (Endosmose und Gasdiffusion), werden aber durch ihre Anwendung auf lebende Organtheile durch den beschriebenen Molekularbau und die Kräfteeinwirkungen, welche auf die durchpassirenden Lösungen von Seite der in ihrer Lebensbewegung befindlichen Moleküle stattfinden, wesentlich verändert. Nach dem Absterben treten Gleichgewichtszustände zwischen den Gewebsmolekülen in grösserem Maasse als im Leben ein, die toten Gewebe verhalten sich dann mehr oder weniger anorganischen Bildungen analog.

Die Kräfte, um welche es sich bei der Kohäsion der Moleküle in organischen Theilen handelt, sind sehr bedeutende, wie denn, wie wir sahen, überhaupt die Molekularkräfte sich durch starke Wirkungen auszeichnen. Das Wasser wird mit grosser Kraft bei der Imbibition angezogen. Nach JAMIN kann man die Imbibitionskraft der Stärke und des Holzes zu 5 — 6 Atmosphären Druck anschlagen. Bei der Imbibition findet eine bei trockenen organischen Substanzen, z. B. Stärke, leicht nachweisbare Wärmeerzeugung statt, die 2—30°C.

betragen kann. Das eintretende Wasser scheint sich also zu verdichten. Zu demselben Schluss kommt QUINCKE für die Imbibition thierischer Theile.

Die Untersuchungen von NÄGELI, SACHS, SCHWENDENER beziehen sich zunächst auf Pflanzengewebe; sie lassen sich aber ziemlich vollkommen auf den animalen Gewebsbau übertragen. BRÜCKE's Entdeckungen über den optischen Bau des Muskels zeigen, dass die Eigenthümlichkeiten des Molekularbaues sich auch in grösseren, sichtbaren Dimensionen wiederholen können. BRÜCKE's doppeltbrechende krystallähnlich gestaltete Fleischtheilchen, die er aus kleinsten Disdiaklasten zusammengesetzt denkt, sind in eine einfach brechende Zwischensubstanz eingelagert in analoger Weise, wie wir uns den molekularen Bau der Gewebe im Kleinsten zu denken haben.

Der Wassergehalt der Gewebe hat die Aufgabe der Vermittelung der gesammten Lebensvorgänge. Der Molekularbau der lebenden organisirten Bildungen, die Molekularbewegungen, die Einwirkung der Moleküle auf einander in chemischer und physikalischer Weise, der Stoffaustausch für Stoffwechsel, Ernährung, Wachsthum sind durch den Wassergehalt allein ermöglicht. Dasselbe gilt von der Entstehung und Verbreitung electrischer Ströme, trockene organische Stoffe die Electricität nicht leiten. Die chemischen Vorgänge und daraus resultirenden lebendigen Kräfte müssen dadurch sehr wesentlich beeinflusst werden, dass zur Vereinigung von Stoffmolekülen zuerst die Wasserhülle der Moleküle durchbrochen, die anziehenden Kräfte der Moleküle gegen ihre Wasserhüllen paralysirt werden müssen.

### Hydrodiffusion, Lösung, Endosmose.

In grösseren Gewebepartien <sup>1)</sup> haben wir neben den mit Flüssigkeiten erfüllten Molekulargeweben interstitien noch gröbere, ebenfalls mit Flüssigkeiten angefüllte Gewebslücken, diese bilden feine oder weitere Canäle, welche die Gewebe und Häute durchziehen. Befinden sich auf beiden Seiten einer Membran wässerige Flüssigkeiten, so dass die Haut als Scheidewand dient, wie z. B. die Zellmembranen zweier an einander liegender, mit Flüssigkeit gefüllter Zellen, so ist demnach die auf diese Weise hergestellte Trennung der Flüssigkeiten keine absolute. Sie stehen durch die ebenfalls mit wässriger Flüssigkeit gefüllten molekularen und gröberen Canäle der Haut mit einander in directer Verbindung, so dass wir in diesem Falle, wenn wir vor allem von der chemischen Einwirkung absehen, welche die durch organisirte Theile passirenden Lösungen erfahren, im Wesentlichen dieselben physikalischen Vorgänge der Mischung der Flüssigkeiten werden erwarten müssen, wie sie eintreten, wenn wir zwei wässerige Flüssigkeiten ohne Scheidewand mit einander in Berührung bringen.

**Hydrodiffusion.**—Zwei oder mehrere sich mischende, aber nicht chemisch zersetzende Lösungen, welche mit einander in directer Berührung gebracht werden, tauschen ihre Bestandtheile bekanntlich so lange mit einander aus, bis die dadurch entstandene Mischung überall vollkommen gleichartig ist. Die sich mischenden Flüssigkeiten durchdringen also gegenseitig vollkommen aus physikalischen Ursachen, welche in ihnen selbst gelegen sein müssen, da diese gegenseitige Durchdringung auch, wenn auch sehr langsam (HORN & SEYLER), stattfindet, wenn gar keine äusseren, sie unterstützenden Momente, wie Erschütterungen z. B., hinzukommen. Diese Mischung geht dem Gesetze der Schwere sogar entgegen vor sich. Von zwei specifisch verschieden schweren Flüssigkeiten, von denen die schwerere auf den Boden eines Glascylinders gebracht, die leichtere vorsichtig, ohne eine mechanische Mischung zu erzeugen, auf die erstere geschichtet wurde, durchdringt endlich die eine die andere ebenso, als wenn der Versuch umgekehrt stattfindet. Die schwerere Flüssigkeit steigt in die leichtere auf, die leichtere sinkt in die schwerere herab, und es entsteht endlich trotz des Hindernisses durch die Wirkung der Schwere eine vollkommen gleichartige Mischung. Als die physikalische Ursache dieser Mischung der tropfbaren Flüssigkeiten, die nach E.

<sup>1)</sup> Das Genauere über die ausserhalb des Organismus stattfindenden Vorgänge dieser Art findet sich z. B. bei A. FICK, Medicinische Physik S. 24 ff., zusammengestellt.

-REYMOND den Namen **Hydrodiffusion** trägt, muss eine gegenseitige physikalische Anziehung Moleküle der gelösten oder flüssigen Körper angenommen werden. Die **Colloidsubstanzen** (GRAHAM), z. B. Eiweissstoffe, zeigen die Bewegungen der Hydrodiffusion nur in sehr geringem Grade, sie bilden wie es scheint keine wahren Lösungen. Bei Vermeidung aller Störungen fand HORRE-SZYLSA aber den Diffusionsvorgang zwischen mischbaren Flüssigkeiten (Lösungen) überhaupt ausserordentlich langsam, die vollkommene Ausgleichung lediglich durch Diffusion würde für Flüssigkeitsschichten von 1 — 2 Decimeter Höhe Jahre erfordern. Die Diffusionsgeschwindigkeit wächst mit der Grösse der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten, ebenso mit steigender Temperatur, sie ist um so grösser, je grösser der Konzentrationsunterschied zwischen den gegen einander diffundirenden Schichten ist, je grösser der absolute Gehalt derselben an diffundirbarer Substanz. Zu diesen allgemeinen Einflüssen kommt nun aber noch ein specifischer, von der chemischen Natur der gegeneinander diffundirenden Flüssigkeiten resp. Lösungen abhängiger. GRAHAM fand, dass bei gleichen Bedingungen Kalisalze stets rascher diffundiren als Natronsalze, dabei stellte sich weiter heraus, dass die Kalium- und Natriumsalze einbasiger Säuren stets rascher diffundiren als die zweibasiger Säuren und zwar stehen die Zeiten, welche zur Diffusion gleicher Mengen einbasiger und zweibasiger Salze des gleichen Metalls erforderlich sind, im Verhältniss der Quadratwurzeln einfacher Zahlen; das analoge Verhältniss ergibt sich bei Vergleichung der zur Diffusion nothwendigen Zeiten für gleiche Mengen Kalium- und Natriumverbindungen. Die Diffusion ist ein Mittel zur Trennung chemischer Mischungen und sogar chemischer Verbindungen. Die Diffusionsgeschwindigkeit, die Zeit, in welcher die Mischung der verschiedenen gelösten Stoffe vor sich geht, ist eine sehr verschiedene. Nach MALY spalten sich da-  
her gewisse saure Salze in neutrale Salze und freie Säure (cf. Magensaft), ebenso trennt sich Alaun in schwefelsaure Thonerde und Kaliumsulfat.

**Lösung.** — Zur Ueberführung fester Stoffe in den flüssigen und gasförmigen Zustand ist Wärme erforderlich. Die zur Lösung erforderliche Wärmemenge wird der Umgebung, zum grössten Theil dem Lösungsmittel selbst entzogen, worauf die Wirkungen der Kältemischungen beruhen. Die Menge der bei der Lösung eines festen Stoffes in einer Flüssigkeit aufzuwendenden Wärme muss wenigstens die gleiche, meist aber grösser sein als die, welche zum Schmelzen desselben Stoffes erforderlich ist. Das Experiment lehrt, dass bei der Lösung der Verbrauch an Wärme, die übrigen Faktoren gleich gesetzt, steigt mit dem Grade der Verdünnung der Lösung. Es gehört ein gewisser, correspondirender Aufwand von lebendiger Kraft dazu, die Moleküle weiter und weiter von einander zu entfernen. Die Fähigkeit, sich in Flüssigkeiten, besonders in Wasser zu lösen, ist für verschiedene Stoffe eine sehr verschiedene. Sie geht von dem Gewichte 0 bis zu sehr bedeutenden Werthen. Manche Stoffe lösen sich nur in heissen Flüssigkeiten, bei den meisten Stoffen steigt die sich lösende Menge mit einer gegebenen Flüssigkeitsmenge direct, bei anderen nach anderen Verhältnissen mit der Erhöhung der Temperatur. Einige sind sogar in höheren Temperaturen weniger löslich als in niederen (Eiweiss etc.). Durch die Gegenwart verschiedener Stoffe in der Lösungsflüssigkeit wird unter Umständen das sonst für reine Flüssigkeiten konstante Gewichtsverhältniss, in welchem sich ein Stoff zu lösen vermag, verändert, erniedrigt oder erhöht. Das Wasser verbindet sich durch Kohäsion mit den Molekülen des gelösten Stoffes, wie das schon aus den eigenen Darstellungen des molekularen Gewebsbaues sich ergibt. Dadurch verändern die Flüssigkeiten, welche Stoffe in Lösung enthalten, ihren Gefrier- und Siedepunkt. Das Wasser in Lösungen gefriert bei einer niederen und siedet bei einer höheren Temperatur als das reine Wasser. Durch die Veränderung des Aggregatzustandes der Lösungsflüssigkeit werden die Moleküle des festen Stoffes und der Lösung getrennt; beim Gefrieren scheidet sich der gelöste Stoff analog ab, wie er bei der Verdunstung zurückbleibt, es ist verständlich, dass zur Veränderung des Aggregatzustandes plus der Trennung der Moleküle eine andere Summe an Kräften erforderlich ist, als zur Veränderung des Aggregatzustandes allein.

Der Vorgang der Lösung fester Stoffe in Flüssigkeiten findet in der Zelle und im gesamten thierischen Organismus die mannigfaltigste Anwendung. Die meisten Stoffe, welche



wir als Nahrungsmittel kennen gelernt haben , sind an sich fest und müssen , um zu bestandtheilen werden zu können , erst gelöst werden. Der Verbrauch der Organstoffe ist wieder mit einer Verflüssigung verbunden ; die verbrauchten Stoffe werden zum Theil in wässriger Lösung ausgeschieden : im Harn, im Schweiss.

In dem thierischen Organismus findet Mischung von Lösungen verschieden durch Diffusion, ohne unterstützende Bewegungen , Erschütterungen und ohne durch eine Scheidewand von einander getrennt wären , wohl niemals statt , auch inhalte selbst sehen wir die oben z. B. S. 117 erwähnten Protoplasmaströme mechanisch mitwirken. In grösseren Flüssigkeitsmengen , wie im Blute, in der Lymphe wird die Mischung wesentlich durch mechanische Beihülfe unterstützt , durch Erschütterungen, wie sie z. B. bei der Blutbewegung eintreten.

**Osmose.** — Man bezeichnet den Vorgang der Diffusion zweier Flüssigkeiten in einem Gefässe , welche durch eine für beide durchgängige, gegen beide chemisch indifferente Membran geschieden sind, als Osmose. Das Endresultat der Osmose ist , wie schon oben angedeutet , ganz das gleiche wie das der Diffusion zwischen zwei unmittelbar sich berührenden Lösungen. Die beiden durch eine Scheidewand getrennten Flüssigkeiten gleichen ihre Unterschiede ebenso vollkommen wie jene unter einander aus, ihre Mischung wird endlich gleichmässige. Es finden Strömungen durch die Scheidewand hindurch von der einen zur anderen statt. Hierbei zeigt sich das bemerkenswerthe Verhalten , dass die Flüssigkeitsmengen , welche von einer Seite zur anderen durch die Diffusionsströme geschafft werden , meist nicht vollkommen gleich sind ; der Diffusionsstrom in der einen Richtung überwiegt gewöhnlich den in der anderen. Bei wissenschaftlich messenden Versuchen übertrifft man sich nach dem Vorgange von JOLLY, um ein Maass für den ungleichen Wasserverbrauch verschieden gerichteten Ströme zu erlangen, der Verhältnisszahl zwischen den Gewichten in gleicher Zeit und unter sonst gleichen äusseren Bedingungen nach der einen und der anderen Seite übergegangenen Flüssigkeitsbestandtheile und nennt diese Verhältnisse osmotische Aequivalente. Dasselbe ist verschieden für verschiedene Stoffe. In der Lösung von kohlensaurem Natron geht z. B. eine weit grössere Wassermenge über als in einer gleich concentrirten Lösung von Kochsalz. Die in entgegengesetzter Richtung durchwandernden Ströme stehen dabei in keinem directen Verhältniss zu einander. Man könnte, wie mir scheint, mit Vortheil das osmotische Aequivalent auch als osmotischen Diffusionswiderstand bezeichnen.

HARZER gewann folgende Werthe für die osmotischen Aequivalente einiger Stoffe :

	osmotisches Aequivalent
kohlensaures Natron . . . . .	32,788
phosphorsaures Natron . . . . .	27,915
kohlensaures Kali . . . . .	19,531
schwefelsaures Natron . . . . .	8,866
Chlorcalcium . . . . .	5,889
Chlorkalium . . . . .	3,891
Chlornatrium . . . . .	3,710
Harnstoff . . . . .	1,551
Weinsäure . . . . .	2,915

Nach Untersuchungen von LUDWIG und CLOËTTA ist das osmotische Aequivalent dem Concentrationsgrade der diffundirenden Lösung wechselnd. Auch die Temperatur übt einen bedeutenden Einfluss, ebenso die Membran, welche als Scheidewand diente. Die Stärke des Diffusionsstromes schwankt auch dann , wenn anstatt Wasser eine Salzlösung eingesetzt ist ; dagegen stören sich die Diffusionsströme zweier gegenseitig indifferenter Salze wie Kochsalz und schwefelsaures Natron nicht, wenn sie in einer und derselben Flüssigkeit sind , und also gleichzeitig nach derselben Richtung die Scheidewand durchsetzen. Von beiden Salzen die gleiche Menge in das Wasser über — und dafür Wasser herüber



s wenn sie einzeln diffundirt hätten. Nach GRAHAM's Beobachtungen gehen gewisse Substanzen, die sich meist durch Mangel der Krystallisirbarkeit und Grösse der Moleküle auszeichnen wie Eiweiss, Gummi, aber auch das krystallisirbare Hämoglobin nicht osmotisch durch Membranen hindurch. GRAHAM nennt diese Substanzen Kolloidsubstanzen im Gegensatz zu den osmotisch wandernden Krystalloidsubstanzen. Er gründete darauf eine Trennungsmethode: Dialyse.

Für eine Erklärung des verschiedenen osmotischen Aequivalentes wird meist die Annahme gemacht, dass die Scheidewand den verschiedenen durchtretenden Lösungen verschiedene Widerstände entgegensetzt. Je grösser der Widerstand ist, welchen eine Salzlösung von der Scheidewand erfährt, desto geringer wird in der Zeiteinheit, z. B. einer Stunde, die Menge sein müssen, die durch die Scheidewand hindurch getreten ist. Ist dieser Widerstand für einen Stoff unendlich gross, z. B. für Kolloidsubstanzen, so findet gar kein Eindringen desselben in die Scheidewand statt. Die Grundbedingung der Diffusion ist also die, dass die Scheidewand gleichzeitig den verschiedenen zur Diffusion dargebotenen Lösungen den Durchtritt gestattet, d. h. dass sie sich mit ihnen gleichzeitig imbibirt. Als Grund der freien Diffusion kann die Anziehung der Lösungsflüssigkeit gegen die Moleküle des gelösten Körpers angesehen werden. Ebenso kann man mit M. TRAUBE annehmen, dass der Durchtritt eines Stoffes durch eine poröse Scheidewand durch Osmose dann erfolgt, wenn jenseits der Scheidewand sich eine Flüssigkeit befindet, in der sich der betreffende Stoff löst, die sonach eine Anziehungskraft auf ihn ausübt. Je grösser diese Anziehung, je grösser die Poren der Scheidewand und je kleiner die Moleküle des gelösten Körpers, desto schneller erfolgt die Osmose, desto grösser erscheint das osmotische Aequivalent (M. TRAUBE), desto geringer der osmotische Diffusionswiderstand. Doch umfasst dieses Gesetz nicht alle verschiedenen Möglichkeiten.

Sicher existiren auch Verschiedenheiten in der Anziehung, welche verschiedene Flüssigkeiten von den Bestandtheilen der Scheidewand erfahren. Für Wasser ist diese Anziehung von organischen Stoffen aus sehr deutlich. Alle trockenen thierischen Stoffe z. B. ziehen beständig aus der Atmosphäre dunstförmiges Wasser an und verdichten es in sich, alle sind stark hygroskopisch. Das imbibirte Wasser scheint analog dem Wasser in Lösungen erst bei einem höheren Wärmegrade zu sieden als im freien Zustande. Auch die experimentelle Beobachtung (LUDWIG), dass der Procentgehalt der imbibirten Salzlösungen innerhalb der Poren imbibirter Stoffe dem oben (S. 124) dargelegten Molekularbau entsprechend ein verschiedener sei, spricht für eine Anziehung der thierischen Stoffe gegen Wasser. In der Nähe der Moleküle der imbibirenden Stoffe ist der Gehalt der wässerigen Lösung an Salz ein geringerer als in weiterer Entfernung in der Mitte der Poren, die Moleküle selbst sind mit einer Hülle reinen Wassers umgeben. Bei weiten Poren ist in der Mitte eine Schicht anzunehmen, in welcher sich die Flüssigkeiten durch Diffusion mischen. Offenbar wird durch die Anziehung der thierischen Stoffe zu dem eingedrungenen Wasser die Fähigkeit desselben, Salze zu lösen, beeinträchtigt. Für andere Stoffe hat LIEBIG, indem er humöse Substanzen als Scheidewand verwendete, nachgewiesen, dass sie von der Wand zurückgehalten werden können. Humöse Scheidewände (z. B. Ackererde) halten die zur Pflanzennahrung nöthigen Substanzen, z. B. Kalisalze, zurück, während sie dafür unnöthige, z. B. Natriumsalze, passiren lassen. Es existirt also hier eine Anziehung gegen gewisse Stoffe in grösserem oder geringerem Grade, welche uns an die Vertheilung der Kali- und Natriumsalze z. B. im Blut erinnert (S. 91, 133).

Die Anziehung der todtten thierischen Theile für verschiedene gelöste Stoffe ist ebenfalls eine verschiedene. Legen wir einen quellungsfähigen thierischen Stoff in eine Flüssigkeit, so nimmt er davon keine beliebige, sondern eine bestimmte Menge auf; lassen wir ihn noch länger in der Flüssigkeit liegen, so findet keine weitere Aufnahme statt. Diese aufzunehmende Menge der Flüssigkeit nennt man Quellungsmaximum. Es ist verschieden für die einzelnen Thierstoffe nach der Natur der Flüssigkeit. Ein thierischer Stoff nimmt von Oel,

Alkohol, Wasser, Salzlösungen von verschiedener Concentration etc. je ein verschieden Maximum auf.

Bei den Vorgängen der Osmose spielen sonach sehr verschiedene Momente mit; nur zu Theil und bei relativ weiten Poren des Diaphragmas macht sich der reine Strom der Diffusion in höherem Maasse geltend, stets ist er modificirt in der Wandschicht der Poren durch die Vorgänge der Imbibition und Quellung, welche, wie wir uns denken könnten, bei sehr engen Poren der Scheidewand allein zur Wirkung zu kommen vermögen. Fassen wir schliesslich das Gesagte zusammen, so finden wir die Geschwindigkeit der Diffusionsströme abhängig 1) von der Qualität der osmotisch verkehrenden Flüssigkeiten resp. Lösungen; 2) von den besonderen Eigenschaften des Diaphragmas, seiner Dicke, Porenweite, chemischen Beschaffenheit; 3) von der Temperatur.

Es leuchtet aus dem bisher Gesagten ein, eine wie ausserordentlich wichtige Rolle den Diffusionserscheinungen in dem thierischen Organismus anvertraut ist. Der überwiegende grösste Theil der thierischen Stoffe bleibt während der ganzen Dauer des Lebens in gequollenem Zustande; alle die Häute und Membranen, die wir im Thierleibe antreffen, sind mit wässerigen Salzlösungen imbibirt und gestatten darum wässerigen Lösungen den Durchtritt, indem sie ebenso allen mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten das Eindringen in ihre Poren verwehren. Die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe aus dem Darmlumen in die allgemeine Säftemasse, die Ausscheidungen in den Drüsen aus dem Blute beruhen wenigstens zum Theil auf Diffusionsvorgängen. Die Erfahrungen über das verschiedene osmotische Aequivalent der Lösungen; die Beobachtung über das verschiedene Verhalten verschiedener Membranen gegen den Durchtritt von Flüssigkeiten; das verschiedene Imbibitionsvermögen thierischer Stoffe für verschiedene Lösungen etc. scheinen uns für die erste Orientirung Fingerzeige zu geben für die Möglichkeit des Zustandekommens der Drüsenausscheidungen aus dem Blute, wo wir bald diesen bald jenen gelösten Stoff austreten sehen, ohne eine andere Vorrichtung als die Verwendung verschiedener quellungsfähiger Membranen und Zellenstoffe. Das Vorkommen bestimmter organischer Salze in den einzelnen Zellen in denen wir hierin eine so bedeutende Verschiedenheit wahrnehmen, beruht sicher auf Verschiedenheiten, welche die einzelnen thierischen Stoffe in der Aufnahme von Flüssigkeiten und Lösungen erkennen lassen.

**Verhalten lebender Membranen und Gewebe (Protoplasma) gegen Flüssigkeiten.** — Trotz der bedeutungsvollen Lichtblicke, welche uns die Beobachtungen über Diffusion in die Lebensvorgänge der thierischen Zelle, des thierischen Organismus gestatten, bleibt doch das Meiste auch nach dieser Richtung noch in Dunkel gehüllt. Die einfachen Verhältnisse, welche bis jetzt bei Diffusionsversuchen betrachtet werden, entsprechen noch wenig den complexen Vorkommnissen im lebenden Organismus. Es wäre ganz falsch zu glauben, dass uns die für todte Membranen und Gewebe gefundenen Werthe für Endosmose und Imbibition irgend etwas lehren für die Vorgänge im lebenden Gewebe. Die eigentliche (anorganische) Imbibition, gegründet auf die allgemeinen Gesetze der Hydrodiffusion, tritt im lebenden Gewebe vielleicht niemals rein auf. Der Vorgang der Stoffaufnahme und -Abgabe ist primär ein aktiver, durch die Lebenseigenschaften des Gewebes wird die Flüssigkeitsbewegung wesentlich modificirt.

Es waren zuerst die Beobachtungen der Mikroskopiker, welche zeigten, dass eine gewöhnliche Imbibition wie in todte Gewebe in lebende nicht stattfindet. GERLACH fand, dass lebende animale Zellen und Gewebe von indifferenten Farbstofflösungen, in denen sie sich befinden, Nichts aufnehmen, dass letztere dagegen in todte Gewebe sogleich eindringen und sich dort fixiren. Mit Pflanzengeweben machten H. MOHL, NÄGELI und Andere dieselben Beobachtungen, von denen der zweite diese Verhältnisse noch weiter auf ihre Erscheinungen untersuchte. Für animale Gewebe und Zellen ergeben die Beobachtungen (J. RANKE), dass sie sich in Flüssigkeiten, welche für das Zellenleben indifferent sind, nicht imbibiren. Indifferent in diesem Sinne sind vor allem die Lösungen der verschiedenen neutralen Natriumsalze von der Salz-Concentration der thierischen Gewebssäfte, also etwa von 0,5 — 10%. Für Froschg

e ist die Concentration 0,6 — 0,70%, wie es nach den angestellten Versuchen erscheint, unschädlichsten. Neutrale Zuckerlösungen auch von mehreren Procenten erscheinen die Gewebe (des Frosches) ebenfalls ziemlich indifferent, ebenso Harnstofflösungen Muskeln und periphere Nerven, während sie die Erregbarkeit gewisser centraler Nervsubstanzpartien vernichten. Noch eine Reihe anderer Stoffe reiht sich hier an.

Bei der Betrachtung der chemischen Einflüsse auf die Protoplasmabewegungen fanden dass schwach saure oder schwach (stärker) alkalische Lösungen die Lebensenergie der misirten Gebilde herabsetzen, vernichten, sich gegen die letzteren nicht indifferent ver- en. In sauren und alkalischen Lösungen sehen wir die lebenden Gewebe sich aber mehr oder weniger rasch imbibiren in dem Verhältniss, als ihre Le- seigenschaften in diesen Lösungen geschwächt und vernichtet wer- 1. Sehr auffallend ist es, dass zu den differentesten Stoffen für die verschiedensten Ge- e: Muskelsubstanz, periphere und centrale Nervsubstanz etc. sich Salze erweisen, in keinem Gewebe fehlen und einen wesentlichen Bestandtheil derselben ausmachen; die isalze der verschiedensten Säuren. Eine äusserst geringe Menge Kalisalzen in die Blutcirculation warmblütiger Thiere gebracht, tet dieselben wie ein Blitzschlag. Die oben genannten Gewebe sterben, die keln unter Zuckungen, in Kalisalzlösungen von derselben Concentration, welche bei Na- salzen sich als vollkommen indifferent und wirkungslos erweist. In allen Kalisalzlösungen n wir hierbei eine rasche Imbibition der Gewebe erfolgen.

An diese Beobachtungen reihen sich andere an, welche zeigen, dass die Imbibition h eintritt, wenn durch übermässige Thätigkeit (Tetanus bei Muskeln und vensubstanz) die Lebensenergie der Gewebe physiologisch aus inneren inden herabgesetzt ist. Schon bei der Betrachtung der Einflüsse auf die Proto- mabewegungen haben wir erwähnt, dass die Thätigkeit, sowie das Absterben der Gewebe einer Säureanhäufung (Fleischmilchsäure, saure phosphorsaure Salze, Kohlensäure) en Zellen und Zellenderivaten einhergeht. Die Schwächung oder Vernichtung der Lebens- rgie der Zellen und Gewebe durch Säuren, die von aussen einwirken, hat also ihr Ana- m in der Wirkung der bei Ermüdung und Absterben innerhalb der Zellen und diesen ivalenten Gewebselementen auftretenden Säuren. Bei der Einleitung der Imbibition durch üdung und Absterben haben wir es also zunächst mit einer Säurewirkung zu thun, uns schon aus den anderen Beobachtungen bekannt ist.

Um einige Beispiele anzuführen, so ist (J. RANKE)

Quellungsmaximum:		
	Chlornatriumlösung 40%	Chlorkaliumlösung 40%
lebende geruhte Muskeln	0	positiv, aber unbestimmbar, da der Muskel sehr rasch abstirbt.
lebende tetanisirte Muskeln	43	positiv: aber unbestimmbar aus dem- selben Grunde.
†todte (geruhte u. tetanisirte) Muskeln	350%	1360%.

Für die Nervensubstanz (Rückenmark von Fröschen) wurde gefunden (J. RANKE):

Lösung:	Mittlere Quellungs Zunahme in	
	der ersten Stunde:	nach 24 Stunden:
40% Chlornatrium . . . . .	0	(todt)
40% Natronsalpeter . . . . .	3,40%	340%
40% saures phosphorsaures Natron . . .	40,20%	35,60%
40% Chlorkalium . . . . .	46,40%	940%
40% Kalisalpeter . . . . .	48,40%	—
40% neutrales (schwach alkalisches) phos- phorsaures Natron . . . . .	28,50%	62,50%
Destillirtes Wasser . . . . .	57,80%	183,80%.

Die Beobachtungen am Muskel sind denen an der Nervensubstanz ganz analog. Auch bei ihnen zeigt sich das destillierte Wasser als eines der heftigsten Gifte, das deren Erregbarkeit ungemein rasch vernichtet.

Am wichtigsten für die Beurtheilung ist die Differenz in der Quellung animaler Substanzen in neutralen Natron- und Kalisalzen gleicher Concentration. Kali und Natron können sich in der anorganischen Natur wechselseitig ersetzen, in der organischen Natur dagegen sind die Salze des einen vollkommen indifferent in einer Concentration, in welcher das andere als das heftigste Gift wirkt. Dem entsprechend sehen wir von Natronsalzlösungen noch Nichts aufgenommen, während von der gleich concentrirten Lösung des Kalisalzes eine sehr reichliche Menge eingetreten ist.

Gegründet auf die Imbibitionsversuche an lebhafter Muskel- und Nervensubstanz, sowie an den Drüsenzellen der Darmschleimhaut sprechen wir das

### **Imbibitionsgesetz lebender Gewebe (Zellen)**

folgendermassen aus:

Die lebenden Gewebe (Zellen) nehmen durch Imbibition nur dann Stoffe in sich auf, wenn ihre Lebensenergie geschwächt ist. Es ist gleichgültig, ob diese Schwächung der Lebensenergie durch die zur Imbibition dargebotenen, von aussen eindringenden Stoffe selbst erzeugt wird (Aufnahme von alkalischen und sauren Flüssigkeiten, von Lösungen von Kalisalzen und destillirtem Wasser etc.) oder ob innere physiologische Zustände (saure Reaktion des Zellinhalts durch gesteigerte Thätigkeit des Protoplasma [Tetanus bei Muskeln und Nerven], oder durch beginnendes Absterben) die Lebensenergie alteriren (J. RANKE).

Man hat öfters den lebenden Zellen ein »Auswahlvermögen« zugeschrieben, so dass sie nur die für ihren Lebensprocess nöthigen Substanzen in sich eindringen lassen sollen. Unser Imbibitionsgesetz lehrt, dass die lebensfrische Zelle nur Stoffe in sich eintreten lässt, die primär ihre Lebensenergie herabsetzen, welche, wenn sie auch zum Theil für das Zellenleben unentbehrlich sind, ihre Aufnahme doch nur ihrer ersten, schwächenden Wirkung verdanken.

Die in ihrer Lebensenergie aus physiologischen Ursachen z. B. Tetanus herabgesetzten Gewebelemente imbibiren sich nach dem Gesagten auch in indifferenten Lösungen. Es etablirt sich zwischen der äusseren Flüssigkeit und dem Zellinhalt ein mehr oder weniger lebhafter Diffusionsverkehr. Dadurch treten Nährstoffe in die Zelle ein und die dem Zellenleben schädlichen Substanzen, die sich z. B. durch gesteigerte Thätigkeit in der Zelle anhäufen (Säuren, ermüdende Stoffe), aus diesen heraus; damit hebt sich die Lebensenergie der Gewebe wieder und nun sehen wir (bei Muskeln und Nerven constatirt, J. RANKE) nicht nur die Flüssigkeitsaufnahme sistirt, sondern wir sehen auch, besonders deutlich bei Muskeln, die überschüssig aufgenommene Flüssigkeit aktiv wieder ausgepresst werden.

In dem lebenden Organismus sind die von uns geforderten Bedingungen zur Flüssigkeitsaufnahme und -Abgabe von Seite der Zellen und Gewebe beständig gegeben. Stets sehen wir die Organe aus inneren Ursachen in der Intensität ihrer Lebensenergie auf- und abwärts schwanken. Organe, die durch stärkere Arbeitsleistung ermüdet sind, erhalten einen gesteigerten Ernährungsstrom gerade durch die chemischen Veränderungen des Protoplasma ihrer Zellgebilde, welcher die eingetretenen Störungen des Zellenlebens zunächst durch Entfernung der schädlichen Zerfallsprodukte, dann durch Ersatz der verlorenen Bestandtheile und durch Neuzufuhr von Sauerstoff als Stoffwechselbedingung ausgleicht und oft übercompensirt. Sind einmal die Gewebesporen aus äusseren oder inneren Ursachen geöffnet, so dass überhaupt ein Eindringen von Flüssigkeiten stattfinden kann, dann erst treten die Vorgänge der Hydrodiffusion in ihrer anorganischen Gesetzmässigkeit ein. Unsere Beobachtungen werfen ein Licht auf den Werth und die Wirkung der alkalischen Reaktion der Gewebsflüssigkeiten, der sauren und alkalischen

reaktion der Verdauungsflüssigkeiten, des (geringen) Kaligehalts des Blut- und Lymphserums in die Vorgänge der Stoffaufnahme und -Abgabe.

Bei den Zellen und Zellenderivaten, denen eine aktive Contractilität des Protoplasma zukommt, kann man sich schematisch den Porenverschluss ihrer Zellmembranen (und Aussenschichten), durch welche während des ungestörten Lebens das Eindringen indifferenten Flüssigkeiten gehindert wird, so vorstellen, dass man eine beständige (Tonus) oder rhythmische leichte Contraction des Protoplasma annimmt. Da dieses mit den Zellmembranen (und Zellaussenschichten) mehr oder weniger fest verbunden ist, so wird die innere Wand der elastischen Zellmembran (die inneren Partien der Zellaussenschichten) eine gewisse Zusammenziehung, eine Contraction erleiden. Nehmen wir nun Poren (und Molekularinterstitien) an, welche die Zellhüllen senkrecht röhrenförmig durchsetzen, so müssen diese durch den von innen auf die Wand ausgeübten Zug trichterförmig nach innen verengert oder verschlossen werden. Wird aus inneren Ursachen die Lebensenergie des Protoplasma gelähmt, so hört der Zug auf die Innenschichten der Zellhüllen mehr oder weniger auf, die Poren öffnen sich und Flüssigkeiten können in die Zelle eintreten. Wenn sich die Lebensenergie des Protoplasma wieder hebt, so wird der frühere Porenverschluss wieder erneuert, nachdem zuerst bei rückkehrender Contraction und noch offenen Poren die überschüssig aufgenommenen Flüssigkeiten durch den nun aktiv wieder gesteigerten Druck im Zelleninnern wieder ausgepresst wurden. Findet keine Rückkehr zum normalen Leben statt, wenn z. B. die aufgenommene Flüssigkeit das Protoplasma tötet, so wird so lange Flüssigkeit in die Zelle eintreten können, als der dadurch in der Zelle steigende Druck noch die Zellhüllen (Zellmembran oder Aussenschicht) oder das Gesamtprotoplasma auszudehnen vermag, was je nach der, sowohl nach der verschiedenen Lebensenergie, wie nach den chemisch-physikalischen Einwirkungen der eingedrungenen Stoffe auf die organischen Gebilde sich verändernden, Elasticität derselben verschieden sein muss. Das Imbibitionsmaximum einer Zelle stellt sich dann für verschiedene gelöste Stoffe verschieden, je nachdem die Elasticität der Zellhüllen und des Protoplasma durch die verschiedenen Stoffe beeinträchtigt wird. So lassen sich die verschiedenen Imbibitionsmaxima für verschiedene Lösungen erklären.

Diese Erklärung bezieht sich zunächst auf die Stoffaufnahme tochter oder sonst in ihrer Lebensenergie aus inneren Ursachen geschwächter Gewebe und Zellen. Sie lässt sich aber auch, wie wir sahen, ausdehnen auf die Imbibitionsverhältnisse durch Schwächung des Protoplasmalesbens vermittelt Stoffen, die von aussen her eindringen, indem diese zunächst eine chemische Einwirkung auf die Zellhüllen und von da aus auf das Protoplasma ausüben, deren Erfolg dann der gleiche ist, als wäre die Schwächung primär aus inneren Gründen erfolgt.

Die Beobachtungen über Imbibition und Diffusion im lebenden Organismus geben uns Aufschlüsse darüber, warum wir besonders die anorganischen Stoffe in den Geweben und Gewebsflüssigkeiten so eigenthümlich vertheilt sehen. In den Gewebsflüssigkeiten: Blutserum, Lymphserum, in der Ausscheidungsflüssigkeit der Leber: Galle sehen wir fast ausschliesslich Natronsalze, dagegen in den Geweben und Zellen: Blutkörperchen, allen Organen finden wir vorwiegend Kalisalze. Wir wissen jetzt, dass der Grund dafür darin zu suchen ist, dass die Gewebe ein aktives »Aufnahmsbestreben« für Kalisalze besitzen und diese ebenso in sich zurückhalten, wie wir durch LIEBIG das für die Ackererde, Humus, erfahren haben. Natronsalze dagegen werden von den Geweben ebenso wenig wie von der Ackererde gebunden. Der geringe Kaligehalt in den Gewebsflüssigkeiten rührt theils von der Nahrung, theils von den zerfallenen Gewebspartien her.

Ähnlich wie gegen Kali sehen wir die Gewebe sich gegen Phosphorsäure verhalten. Von den Nerven wissen wir, dass sie in anderen sehr verdünnten Säuren verhältnissmässig lange ihre Lebesseigenschaften bewahren können, dagegen sterben sie unter rascher Aufnahme in verdünnten Phosphorsäurelösungen sehr bald ab. Es verhält sich also



die für das Leben der Nerven nicht weniger als das Kali wichtige Phosphorsäure in Beziehung auf Imbibition ebenso wie dieses (J. RANKE).

Zwischen den verschiedenen lebenden Zellen und Zellenderivaten herrscht ein nicht zu verkennender Unterschied in Beziehung auf die Raschheit, mit welcher gewisse Stoffe auf sie einwirken und in sie aufgenommen werden. Daraus erklärt sich das ganz eigenthümliche Verhalten, dass manche Stoffe für gewisse Gewebe indifferent, für andere dagegen schädlich erscheinen. So wirkt, wie schon oben angegeben, Harnstoff primär nur (erregend) auf die centralen Gehirnpartien, in denen das Reflexhemmungscentrum liegt. Kohlenoxyd ist gegen alle Gewebe indifferent, bewirkt aber den Tod des Organismus durch eine Verbindung mit dem Hämoglobin, wodurch dieses gehindert wird, Sauerstoff aufzunehmen. Näheres wird vor allem bei dem Nervenleben beigebracht werden müssen. Derartige Unterschiede geben uns einen Einblick in einen unermesslichen Reichthum von Wechselwirkungen der Erregbarkeit, Stoffaufnahme und -Abgabe, an dem sich besonders auch die anorganischen und krystallisirbaren organischen Stoffe im Körper betheiligen.

**Filtration.** Ausser den besprochenen Lebenswirkungen auf die Osmose und Hydrodiffusion verbinden sich mit denselben noch andere Vorgänge zum Theil von grosser Wichtigkeit. Zunächst sehen wir mit den Diffusionsvorgängen sich stets Filtration mischen. Die Filtration ist von der Diffusion, durch deren Vermittelung gelöste Stoffe durch Membranen hindurchtreten (Endosmose) zunächst dadurch unterschieden, dass die Filtration unter Wirkung eines hydrostatischen Druckes gelöste Stoffe durch Membranen, Scheidewände presst, während die Endosmose von äusserem Druck unabhängig ist. Die Ursachen dieses Druckes sind, ausser der Schwerewirkung, positive und negative Spannungen, die auf den flüssigen Inhalt von Zellen, Blut- und Lymphgefässen etc. meist durch die umschliessenden Membranen ausgeübt werden. Der Filtrationsprocess erfordert, dass der Druck auf der einen Seite geringer sei als auf der anderen, von welcher der Strom der filtrirenden Flüssigkeit ausgeht. Das kann dadurch erreicht werden, dass der Druck im Innern bestimmter Zellen und Zellenderivate durch übermässige Imbibition, z. B. nach Tetanus der Muskelfasern (cf. oben) steigt, wobei dann theils z. B. von den passiv übermässig gespannten Hüllschichten, theils aktiv von dem sich erholenden und in Folge davon wieder contrahirenden Protoplasma Flüssigkeiten ausgepresst — filtrirt — werden. Da die Weite der Gefässe der Ernährungsflüssigkeiten unter dem Einfluss des Nervensystems steht, so kann der Druck in ihnen und ihren Kapillaren abwechselnd ansteigen und abnehmen. Steigt der Druck z. B. in den Blutkapillaren, durch Erhöhung des allgemeinen Blutdrucks oder durch Erweiterung der zuführenden Gefässe durch Nerveneinfluss (Wärme), über den Druck in dem umgebenden Gewebe, so findet Filtration aus den Kapillaren in die Umgebung statt. Das Umgekehrte wird der Fall sein, wenn sich die Spannung in den Kapillaren vermindert unter den Werth der Gewebsspannung. Bei der Absonderung der Galle hat man darüber interessante Beobachtungen angestellt, die sehr leicht zu bestätigen sind. So lange der Abfluss der Galle in den Gallegefässen nicht gehindert, der Druck in denselben und ihren Kapillaren nur sehr gering ist, findet eine Ausscheidung von Galle (Filtration) aus dem Lebergewebe in die Gallekapillaren statt; staut sich dagegen die Galle in den Gallegefässen durch Behinderung des Abflusses an, so dass der Druck in ihnen bis zu einer gewissen Höhe, 20 cm Wasserhöhe (HAIDENHAIN) bei Meerschweinchen, ansteigt, so tritt (filtrirt) die Galle in das Leberparenchym zurück. Der Druck kann auf der einen Seite auch dadurch relativ erhöht werden, dass er auf der anderen Seite absinkt (Saugdruck). Durch die Filtrations- und Diffusionsvorgänge setzen sich die Spannungen in den Gefässkapillaren und den Geweben mehr oder weniger vollkommen ins Gleichgewicht. Mit der steigenden Spannung in den Kapillaren steigt auch die Spannung (durch Flüssigkeitsaufnahme), Turgor, in den umgebenden Geweben. Wird nun der Druck in den Kapillaren vermindert unter den entgegengesetzten Einflüssen, die wir oben für die Erhöhung der Spannung namhaft machten (Verminderung des allgemeinen Blutdrucks, Reizung der vasomotorischen Nerven [Kälte]), so wird sich eine Druckausgleichung



entgegengesetzten Sinne, vom Gewebe in die Kapillaren einstellen. In den Zotten des Arms werden wir eigentliche Saugeinrichtungen kennen lernen, die wie ein aufgesetzter Tropfkopf durch lokale Aufhebung (Verminderung) des Luftdruckes Flüssigkeiten einsaugen. Abnahme der Gewebsspannung aus inneren Ursachen wird die Filtration aus den Kapillaren ebenfalls begünstigen. Im Allgemeinen, abgesehen von den regulirenden Lebenseigenschaften der Membranen, können wir aussprechen, dass die Menge der filtrirenden Flüssigkeit steigt mit der Zunahme des Druckunterschiedes und umgekehrt.

Die Filtration hat darin eine sehr grosse Aehnlichkeit mit der Imbibition und Hydrodiffusion, dass auch hier zunächst nur Flüssigkeiten der Durchtritt gestattet wird, in welchen sich die betreffenden Membranen, durch die filtrirt werden soll, imbibiren. Bei lebenden Membranen tritt also hier wieder die ganze Mannigfaltigkeit der Lebenseinwirkungen auf die Imbibition in Wirkung, und das Filtrationsgesetz lebender Membranen ist im Wesentlichen das gleiche wie das oben aufgestellte Imbibitionsgesetz (J. RANKE).

Die abgestorbenen Membranen, z. B. Magen- oder Darmschleimhaut, filtriren indifferente Lösungen mit grosser Leichtigkeit. Als indifferente Flüssigkeiten sind für diese Organe zu nennen: Brunnenwasser, 40% Chlornatriumlösungen, neutrale Zuckerlösungen. Diese indifferenten Lösungen filtriren (von der Epithelseite) nicht durch lebende Membranen, sie filtriren nicht durch lebende Epithelien. Dagegen filtriren durch lebende Epithelien: destillirtes Wasser, schwach saure und schwach alkalische Flüssigkeiten, z. B. 4% saures schwefelsaures Natron, 4% einfach kohlensaures Natron, 4 pro mille Salzsäure. Starke Säuren, z. B. 4% Salzsäure, filtrirt weder durch lebende noch todte Schleimhäute. Mit Ausnahme der 4% Chlornatriumlösung dringen in die Epithelien der Magen- und Darmschleimhaut dieselben Stoffe zur Filtration ein, die wir auch mit rasch schwächender Einwirkung auf die Lebensenergie in Muskel und Nerv eindringen sehen. Wir sehen sonach auch bei diesen Epithelien eine vitale Resistenz gegen das Eindringen physiologisch indifferenter Stoffe. Durch die unverletzten, lebenden Epithelien passiren nur solche Flüssigkeiten, welche eine physiologisch verändernde Wirkung auf dieselben ausüben, welche die Lebensenergie ihres Protoplasma herabsetzen (J. RANKE und HALENKE). So werden alle die Vorgänge der Aufnahme und Abgabe von Stoffen durch die Epithelien und Zellen, die man sich gern als rein physikalische Vorgänge dachte, im Organismus in physiologischer Weise modificirt.

Durch die Filtration können gewisse Stoffe wie durch Diffusion von einander getrennt werden. Bei geringerem Drucke filtriren nur wahre Lösungen, Lösungen von Krystalloidsubstanzen (GRAHAM), während die unechten Lösungen gequollener Substanzen (Kolloidsubstanzen), wie Eiweiss, Stärke, Gummi, nicht hindurchtreten. Letztere thun das erst unter hohem Druck, doch immer in kleinen Mengen. So kann Eiweiss bei sehr gesteigertem Druck (?) in den Nierenkapillaren im Harn erscheinen; der gewöhnliche Grund dieses pathologischen Vorgangs ist jedoch theilweiser Mangel des Harnkanälchen-Epithels, das die Filtration regulirt, und damit verbunden Eröffnung capillarer Lymphräume.

Zu diesen Complicationen der Diffusions- und Filtrationsvorgänge kommt noch nach dem Obigen der verschiedene Bau der thierischen Membranen hinzu, in Folge dessen der Durchtritt den Flüssigkeiten nur nach bestimmten Richtungen gestattet ist. Nach den Beobachtungen von MATTEUCCI und CIMA soll das endosmotische Aequivalent für dieselben Membranen wechseln, je nachdem man die eine oder die andere Seite dem Wasser oder der Salzlösung gegenüber setzt. Für die Filtration kann man bei lebender Magen- und Darmschleimhaut die Ungleichheit des Filtrationsvorganges leicht nachweisen, je nachdem man die Epithelseite oder die Aussenseite der filtrirenden Flüssigkeit darbietet (J. RANKE). H. MECKEL hat an dem Schalenhäutchen der Eier, welches mikroskopische Poren besitzt, entdeckt, dass es nur nach einer Richtung den Flüssigkeiten den Durchtritt gestattet. Die Flüssigkeiten gehen leicht hindurch, wenn sie von der Schalen- zur Eiweissseite hin gepresst werden, gar nicht in umgekehrter Richtung. Es müssen Vorrichtungen vorhanden sein, wie die oben für

die Imbibition angedeuteten, welche ventilartig die Poren nach einer bestimmten Richtung abschliessen. Wie mannigfach mögen analoge Einrichtungen in anderen thierischen Membranen sich finden. Vielleicht zeigt jede lebende Zellenmembran ein analoges Verhalten, dass den austretenden Stoffen andere Widerstände als den eintretenden entgegenstehen. Dass es sich bei diesen Ventilen wenigstens zum Theil um Elasticitätswirkungen in der von uns angenommenen Art handelt, geht aus unseren Beobachtungen an den Schleimhäuten hervor.

Im Allgemeinen sehen wir, dass Flüssigkeitsbewegungen von einer Zelle in die andere stattfinden aus Ursachen, die nicht der Willkür des Organismus unterworfen sind. Dahin, wo sich eine Differenz in der Concentration einer Zellenflüssigkeit an irgend einem Stoffe mit allen oder einer anderen Zelle zeigt, wird durch Diffusion ein Säftestrom getrieben werden, der die entstandenen Ungleichartigkeiten in Bälde wieder auszugleichen vermag. So wird die Flüssigkeitsbewegung zu dem Hauptfaktor, welcher die normale chemische Zellenkonstitution aufrecht erhält. Es kann in keiner Zelle sich abnormer Weise ein gelöster Stoff anhäufen, ohne dass er durch gesteigerte Diffusion zwischen der betreffenden und den nachbarlichen Zellen oder Gewebsflüssigkeiten ausgewaschen würde.

### Gasdiffusion und Absorption im Organismus.

**Diffusion.** Im lebenden Organismus, in der Zelle, finden die vitalen Thätigkeiten nur unter ungestörter Einwirkung des Sauerstoffs statt, der den Zellen theils gasförmig, theils (an Hämoglobin) zugeführt wird. Auf der anderen Seite kann das organische Leben nicht bestehen, wenn nicht die durch die physiologische Oxydation entstehende Kohlensäure beständig entfernt wird, da sie für die Gewebe ein Gift ist. Kohlensäure und Sauerstoff sind die beiden wichtigsten Gase, die bei dem organischen Leben sowohl der Pflanze als des Thieres in Betracht kommen. Ausserdem entfernt sich aus dem in der Luft lebenden animalen Organismus auch fortgesetzt eine grössere oder geringere Menge von Wasserdampf (namentlich fällt das bei den Wasserthieren weg, welche nicht durch Luftlungen athmen), es tritt Stickstoff in ihn ein und aus. Im Darme entstehen aus Gährungsvorgängen noch Kohlenwasserstoff und Wasserstoff. Auf einige andere Gase und ihr Verhalten zum thierischen Organismus werden wir im Verlaufe der speciellen Darstellung noch kommen. Der Wechselverkehr des Organismus mit Gasen beruht zunächst auf den Gesetzen der Diffusion und Absorption der Gase, doch finden sich auch hier Ausnahmeverhältnisse im lebenden Organismus, welche die anorganische Gesetzmässigkeit zum Theil verdecken.

Man bezeichnet mit dem Worte Gasdiffusion den Vorgang des Ineinanderströmen mehrerer in freie Verbindung gesetzter Gasmassen. Ihr schliessliches Resultat ist das gleiche wie das der Hydrodiffusion, es entsteht ein gleichmässiges Gemenge hier von Gasen, dort von Lösungen. Gase, die in ein Vacuum einströmen, füllen dieses vollkommen und gleichmässig aus, dasselbe ist der Fall, wenn in dem Raume, in welchen ein Gas einströmt, schon ein anderes enthalten war, wenn beide Gase sich nicht chemisch beeinflussen; ein Raum, welcher von einem indifferenten Gase erfüllt ist, verhält sich für ein anderes, als wäre er ein Vacuum. Mag die Menge des einen Gases in dem gegebenen Raume gross oder klein sein, oder, wie man zu sagen pflegt, mag der Gasdruck für das eine Gas eine beliebige Höhe besitzen, so wird ein anderes Gas sich doch in dem Raume noch ebenso verbreiten, als wenn er vollkommen leer wäre. Unsere Luft ist aus Sauerstoff und Stickstoff zusammengesetzt, gemischt. Die durch die Athmung der thierischen Organismen zugeführte Kohlensäure verbreitet sich vollkommen in ihr, so dass sie überall im gleichen, sehr geringen Procentverhältniss gefunden wird, wo nicht durch lokale Produktion eine momentane Anhäufung stattfindet, die sich jedoch möglichst rasch ausgleicht e. v. v. Der Gasdruck, den der Sauerstoff in der Luft erleidet, der Sauerstoffdruck, ist ein weit grösserer als der der Kohlensäure, der Sauerstoff

bedeutenderer Menge in der Atmosphäre vorhanden; die Kohlensäure steht also unter geringerem Druck ihrer eigenen Masse: der Kohlensäuredruck ist, entsprechend der Menge Kohlensäure in der Atmosphäre, geringer als der Sauerstoffdruck. Die Thatsache entspricht theoretisch zu dem endlichen Resultate, dass alle Gase in einem gegebenen Raume in der ganzen Atmosphäre, unter dem gleichen Druck stehen; überall also, wo eine zufällige Anhäufung eines Gases stattfindet, tritt die Diffusion in Wirklichkeit nach längerer oder kürzerer Zeit zu einer völligen Ausgleichung des Druckes des Gases, zu einer gleichmässigen Mischung desselben mit den übrigen Gasen. Das Gesetz, nach welchem die Diffusion der Gase stattfindet, lautet: Die Geschwindigkeiten, mit welchen verschiedene Gase unter gleichen Umständen (gleichem Druck) durch eine sehr feinporöse Scheidewand in einen Raum von einem anderen Gase diffundiren, verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der Gase.

**Absorption.** Gerade so wie Gasarten in Räume einströmen, die schon von einem anderen Gase eingenommen sind, so strömen sie auch unter Umständen in die Molekularinterstizien der Flüssigkeiten ein, ohne dass dazu eine chemische Verwandtschaft zwischen Gas und Flüssigkeit erforderlich wäre. Ebenso wie ausserhalb, so üben auch innerhalb der Flüssigkeiten die Gase keinen Druck auf einander aus, so dass in dieselbe Flüssigkeit eine beliebige Anzahl verschiedener Gasarten gleichzeitig einströmen kann.

Wie aus dem Eindringen der Gase in Flüssigkeiten auch keine eigentliche chemische Verbindung entsteht, so gehört auch dabei doch eine gewisse Attraktion der Flüssigkeit zu den Gasen an, die unverkennbar. Wir treffen bei der Lösung der Gase in Flüssigkeiten, bei der Absorption, analoge Gesetze, wie wir sie bei der Lösung fester Körper in Flüssigkeiten finden. Eine Flüssigkeit absorbiert bei konstanter Temperatur von einem bestimmten Gase ein bestimmtes Volumen; die Volumina aber, welche eine Flüssigkeit bei gleicher Temperatur von verschiedenen Gasen zu absorbiren vermag, sind sehr verschieden. Das absorbirte Gasvolumen hängt je nach der Temperatur der absorbirenden Flüssigkeit. Während bei der Lösung fester Stoffe die gelöste Menge gewöhnlich steigt mit der Temperatur des Lösungsmittels, so ist bei den Gasen der umgekehrte Fall: mit der steigenden Temperatur sinkt die Absorptionsfähigkeit der Flüssigkeiten für Gase fast immer, eine theilweise Ausnahme bildet bei höheren Graden, wie es scheint, nur der Fall des Ammoniaks. Bei einer Temperatur von 100° C. ist das Wasser nicht mehr im Stande, irgend etwas Ammoniak zu halten, sein Absorptionsvermögen ist dann = 0.

Man bezeichnet als »Absorptionscoëfficient« diejenige Menge von Gas, welche eine bestimmte Flüssigkeit bei bestimmtem Drucke, die frei mit dem zu absorbirenden Gas communicirt, aufzunehmen vermag. Die Absorptionscoëfficienten sind, wie gesagt, für jede Flüssigkeit und jedes Gas und für jede Temperatur verschieden. Nach den Beobachtungen von BUNSEN absorbiert eine Volumeneinheit einer bestimmten Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoffgas in folgenden Mengen:

Gasart:	Temperatur:	Aufgenommenes Volumen:
Kohlensäure . . .	0° . . . . .	1,7967
	20° . . . . .	0,9046
Sauerstoff . . .	0° . . . . .	0,032874
	20° . . . . .	0,02034
Stickstoff . . .	0° . . . . .	0,04401
	20° . . . . .	0,04144
Sauerstoff . . .	0° . . . . .	0,02838
	20° . . . . .	0,0163

ebenso viel bei höheren Graden. Bei jedem Drucke nimmt dieselbe Flüssigkeit das gleiche Gasvolumen auf. Nach dem MARIOTTE'schen Gesetze steigt die Dichtigkeit — das specifische Gewicht — der Gase direct mit dem auf ihnen lastenden Druck; daraus folgt nach dem mit-

getheilten Absorptionsgesetz, dass die aufgenommenen Gasgewichte direct mit dem Druck unter welchem die Absorption geschieht, wachsen. Die aufgenommenen Gasvolumina bleiben sich unter jedem Drucke gleich, doch wiegt bei höherem Druck das gleiche Volumen entsprechend mehr als bei weniger hohem.

Die in Flüssigkeiten absorbirten Gase verlieren nicht ihr Diffusionsbestreben. Bringt man eine mit Gas bei einem bestimmten Gasdruck gesättigte Flüssigkeit, z. B. Wasser mit Kohlensäure, in einen geschlossenen Raum, der mit einer anderen Gasart, z. B. Wasserstoff gefüllt ist, so diffundirt die Kohlensäure aus dem Wasser in den vom Wasserstoff eingenommenen Raum. Es wird so lange Kohlensäure aus dem Wasser weggehen, bis ausserhalb und innerhalb der Flüssigkeit die Vertheilung der Kohlensäure der Gesamtmenge der Kohlensäure, dem Kohlensäuredruck entspricht. Dafür wird aber auch Wasserstoff in das Wasser hineindringen, bis auch er dem Drucke — dem Wasserstoffdrucke — entsprechend ausserhalb und innerhalb der Flüssigkeit vertheilt ist.

Das Entweichen eines absorbirten Gases geschieht also dann, wenn die Spannung dieses Gases, also z. B. der Kohlensäure in dem über der Flüssigkeit befindlichen Raum vermindert wird. Wenn die Flüssigkeit, welche bei einem bestimmten Gasdruck — Kohlensäuredruck z. B. — sich gesättigt hatte, mit einem Raum in Verbindung gebracht wird, welchem das absorbirte Gas unter einem geringeren Drucke steht, als der war, unter welchem die Absorption stattfand, so wird Gas abgegeben e. v. v.

In der Zelle, in dem thierischen Organismus findet der Gasverkehr meist durch Scheidewände hindurch statt, durch Zellenmembranen, Wände der Kapillargefässe etc. Diese organischen, mit Flüssigkeit getränkten Scheidewände setzen dem Gasstrom vom Gas in die Flüssigkeit und umgekehrt einen geringen Widerstand entgegen. Die animalen Flüssigkeiten communiciren durch die genannten zarten feuchten Membranen fast direct mit der Gasatmosphäre. Diese ist zusammengesetzt aus 21 Volumprocenten Sauerstoff und 79 Volumprocenten Stickstoff und aus Spuren von Kohlensäure. Denken wir uns die fragliche Flüssigkeit zunächst gasfrei, so werden die beiden Hauptbestandtheile der Atmosphäre je nach den Absorptionscoëfficienten und dem Druck, unter dem sie stehen, in dieselbe eindringen. Der Sauerstoffdruck verhält sich zum Stickstoffdruck wie 21 : 79 (das Verhältniss, in welchem die Gase in der Luft gemischt sind). Nehmen wir das Absorptionsvermögen der thierischen Flüssigkeit gleich der des Wassers für die beiden Gase an, was sich von der Wahrheit kaum entfernt, so würde sich, da der Absorptionscoëfficient des Sauerstoffs beinahe doppelt so gross als der des Stickstoffs, der Sauerstoffgehalt zu dem Stickstoffgehalt in der Flüssigkeit verhalten wie 34,91 : 65,09. Das angegebene Verhältniss der beiden Gase findet sich in dem mit der Atmosphäre längere Zeit frei communicirenden Wasser der Flüsse, Seen etc., so dass demnach die Wasserthiere eine relativ an Sauerstoff reichere Luft athmen als die Luftthiere.

Von der Kohlensäure der Atmosphäre könnte unter normalen Umständen in die kohlensäurefrei gedachte Zellenflüssigkeit nur entsprechend der minimalen in der Luft enthaltenen Kohlensäuremenge aufgenommen werden. Wir haben die Zellenflüssigkeit sowie das Blut als einen Herd der Kohlensäureproduktion erkannt. Es ist also unter normalen Verhältnissen der Kohlensäuredruck — entsprechend der Kohlensäuremenge — in der Zelle grösser als ausserhalb derselben. Es wird deshalb normal keine Kohlensäure aus der Luft in die Flüssigkeit aufgenommen werden können, sondern es wird vielmehr die Kohlensäure aus dieser diffundiren, um sich mit der Kohlensäure der Luft in das Gleichgewicht der Spannung zu setzen. Das Gleiche ist mit dem Wasserdampfe der Fall.

So zerfällt demnach der Gasverkehr der Flüssigkeiten des Organismus mit der Atmosphäre nach dem Gesetz der Diffusion und Absorption in zwei Theile:

es nimmt der Organismus aus der Luft auf: Sauerstoff und Stickstoff,  
und scheidet dafür aus: Kohlensäure und Wasserdampf.

Doch sind, wie sich uns in der Folge ergeben wird (cf. Athmung), die Diffusionsgesetze im lebenden Organismus mannigfach durch die hier gegebenen besondern Verhältnisse modificirt. Das gilt vor allem für den Verkehr des Organismus mit dem freien Sauerstoff.

eines Respirationsmittels. Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut geschieht nur in verschwindend kleinen Antheil nach den Gesetzen der Diffusion und Absorption, die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs wird zunächst durch eine Attraktion des Eis der Blutkörperchen herbeigezogen. Die aufgenommene Sauerstoffmenge ist danach den Absorptionsgesetzen unabhängig und weit grösser in thierischen Flüssigkeiten, als in sauerstoffanziehenden Substanzen (z. B. rothe Blutkörperchen) enthalten, als er ohne sie wäre. Die Kohlensäure schwächt die Lebensenergie des Protoplasma und öffnet die Gewebssporen für Flüssigkeits- und Gas-Diffusion.

### Wechselwirkung der Kräfte im Organismus.

Wir haben das Leben der Zelle als eine Function sehr complicirter Art zu dreier wesentlich verschiedener Grössen kennen gelernt.

Die Form und Molekularstructur der Zelle,

ihre chemische Mischung,

die physikalischen Eigenschaften ihrer Stoffe

sind drei Faktoren, aus denen das specifische Zellenleben hervorgeht. Die Physiologie ist noch weit davon entfernt, den mathematischen Ausdruck für diese Function aufstellen zu können. Im letzten Grunde ist das Problem des Lebens, wie des Lebens überhaupt ein Problem der analytischen Mechanik. Jetzt sind kaum die ersten Vorarbeiten geliefert zu einer Mechanik der Zelle, die die einfachen Gesetze construiren muss für das Leben des Organismus. Auf einer Weise, wie es gelungen ist, das Leben des Kosmos als eine Mechanik darzustellen. Vielleicht ist die Aufgabe hier kaum schwieriger als es gewesen ist. Die Mannigfaltigkeit der Beziehungen ist vielleicht in beiden nicht wesentlich verschieden. Jene Mannigfaltigkeit entwirrt sich in einem Gesetze, dessen Einfachheit nicht grösser gedacht werden könnte. Die Physiologie harret noch ihres KEPLER und NEWTON, der das einfache Gesetz des Lebens in den in unmittelbarer Berührung wirkenden Kräften der Anziehung und Abstossung der Moleküle erkennt. Für jetzt sind die Beziehungen, wie in der Zelle, im Organismus thätig sehen, für unser Auffassungsvermögen noch sehr complexer Natur, nur selten gelingt es, sie vollkommen zu verstehen. In den Vorgängen der lebenden Organismen kommen dieselben Naturgesetze und Kräfte zur Geltung, wie in der leblosen, organischen Welt. Fast überall, wo man diesen allgemein anerkannten Satz auf seine Richtigkeit im Leben prüfen will, findet sich aber, dass das betreffende anorganische Gesetz im lebenden Organismus unter ganz eigenthümlichen Ausnahmsbedingungen eine Abweichung tritt, welche es in der wesentlichsten Weise für die Lebensvorgänge umgestaltet.

Versuchen wir einige Beziehungen der Zellenform zu dem Leben darzustellen.

Wo an einer bestimmten, umgrenzten Stelle durch die Zellenthätigkeit eine organische Leistung hervorgebracht wird, wo es gilt, an einem bestimmten Orte chemische Lebenswirkungen zu entfalten: Stoffe zu lösen, chemisch zu verarbeiten, um sie für die Zwecke des Organismus verwendbar zu machen, oder löslich gewordene Substanzen lokal zu entfernen (wie in den Drüsen), dort wird die meist, wenigstens in späteren Lebensstadien, mit einer rings herum liegenden Membran umgebene, rundliche Zelle in Thätigkeit.



Wo die Lebensthätigkeit der Zelle nicht direct auf den Ort, welchen einnimmt, beschränkt bleibt, wo Wirkungen auf weit abgelegene Organe von einem Centrum aus erfolgen, z. B. für die Lebensfunctionen des Nervensystems sehen wir die Zellengestalt zu den eigenthümlichen Nervenzellen verändert, selbst mikroskopisch klein, ihre Verbindungsfäden, die Nervenfasern, von mikroskopischer Feinheit aber makroskopischer Länge nach den verschiedenen Richtungen aussenden, die verschiedenen Organe mit sich und unter einander verbinden und dadurch jenes Wundernetz herstellen, in dessen Bahnen höchsten thierischen Functionen der Empfindung und Bewegung vermittelt werden.

Die mechanischen Kraftleistungen der Zellen beruhen auf Gestaltsveränderungen ihres Inhaltes, denen die elastische Zellmembran, wenn eine solche vorhanden ist, sich anschmiegt. Viel mehr Zellen, als man früher geglaubt hat, zeigen das Vermögen der aktiven Gestaltveränderung; wir sahen, dass man dies als eine allgemeine Eigenschaft des Protoplasma betrachten muss. Aber nur denjenigen Zellen wird dieses Vermögen der Contraction zu einem Grunde, eine bedeutendere Gestaltveränderung der Gewebe oder gar zur Ursache Ortsbewegung des gesammten Organismus, bei denen die Gestalt eine solche ist, dass durch ihre Veränderung nach irgend einer Richtung bedeutendere Effecte erzielt werden. Die Gestalt der Muskelzellen steht mit ihrer mechanischen Lebensaufgabe in einem klaren Zusammenhang. Die langgestreckte, bandförmige Form, die durch die Contraction in eine annähernd kugelige verändert wird, ist sicher am besten geeignet, Zug- und Druckwirkungen in weiterer Ausdehnung zu entfalten. Dadurch, dass Muskelzellen sich der Länge nach reihenweise aneinander schliessen, bewirkt die gleichzeitige Contraction der an sich mikroskopischen Gebilde einen makroskopisch-sichtbaren Effect. Bei den quergestreiften Muskelfasern wird aus der Zelle jener makroskopisch lange, bandförmige Körper, der Muskelprimitivcylinder, der die Ortsbewegungen des Gesamtkörpers vermittelt. Leicht liessen sich noch eine Reihe solcher Beziehungen zu den Lebensvorgängen in den Zellen auffinden.

II. Noch mannigfaltiger sind die Beziehungen der chemischen Mischung zu dem Zellenleben.

Primär scheint die chemische Zusammensetzung in den aus der Eifurchung hervorgegangenen Zellen die gleiche zu sein. Erst dadurch, dass der entstehende Organismus seine gleichartigen Bausteine zu verschiedenen Zwecken benutzt, indem er von den einen mechanische Leistungen bei der Herzcontraction verlangt, von den anderen nur Fortpflanzung und Sekretion, die allgemeinen Lebensthätigkeiten, wird ein Gegensatz in den chemischen Verhältnissen der verschiedenen Zellen gesetzt. Je nach ihren Leistungen sehen wir andere Oxydationsprodukte in den Zellen auftreten. Die Produkte der Zellenoxydation sehen wir nun die wichtigsten Einflüsse auf das Zellenleben ausüben (J. RANKE). Sie wirken ähnlich wie die besprochenen anorganischen Bestandtheile der Zelle. Sie verändern die Reaction des Zellensaftes, sie machen ihn alkalisch, sauer oder neutral und geben so Veranlassung, dass dieselben chemischen und physikalischen Agentien nun in den verschiedenen Zellen verschiedene Wirkungen entfalten. Die wahren Gährungserscheinungen, die einen ganz verschiedenen Verlauf nehmen je nach der Reaction der Flüssigkeit, in der



haben, die sich dadurch nicht nur in ihrer Intensität, sondern auch in ihrer Qualität verändern, können als Beispiel dienen, um sich diese in den Zellen haltenden Verhältnisse zu veranschaulichen. Aber auch in anderen Beziehungen werden dadurch individuelle Verschiedenheiten in dem Zelleninhalte gesetzt. Die Lebensenergie der Muskelzelle steht in einem umgekehrten Verhältnisse zu der Menge der in ihr enthaltenen Milchsäure, die wir als ein Zersetzungsprodukt des Zellinhaltes kennen gelernt haben. Die Kohlensäure, das allgeringste Produkt der organischen Oxydation, lähmt, wenn sie sich in grösserer Menge ansammelt, die Thätigkeiten der Nervenzellen und setzt die Intensität der Lebensvorgänge auch in den Muskelzellen herab. Der Harnstoff, welcher sonst für alle Zellen ein vollkommen indifferenter Stoff ist, wirkt nur auf eine kleine Gruppe von Nervenzellen im Gehirn, welche die Uebertragung sensibler Reize auf die Muskeln (Reflexe) hemmen, und zwar in der Art, dass keine Uebertragung mehr stattfinden kann. Diese und ähnliche Beobachtungen geben uns den Beweis dafür, dass die Lebesenseigenschaften der Zellen direct von der Zusammensetzung ihrer chemischen Zusammensetzung sind. So wie sich die chemische Zusammensetzung des Zellensaftes in wesentlicher Weise ändert, sehen wir auch die Intensität der Lebesenseigenschaften der Zelle sich ändern.

Eine äusserst wichtige Beobachtung, welche uns Fingerzeige für die Beurtheilung mancher normaler und krankhafter Lebensvorgänge gibt, ist die, dass die Zellen verschieden auf verschiedene Stoffe gegenüber sehr verschieden reagiren. Einzelne Stoffe sind für alle Zellen, wie es scheint, in weiteren Grenzen indifferent, wie der Zucker und die Natronsalze, andere Stoffe äussern nur auf ganz bestimmte beschränkte Zellengruppen eine Wirkung, während alle anderen Zellen durch ihre Anwesenheit nicht alterirt werden. Als ein Beispiel dafür kann schon angeführte Harnstoff mit seiner Wirkung auf das Reflexhemmungscentrum im Gehirn gelten. Ihm schliesst sich die Hippursäure gleichwirkend an. Die Gallensäuren, die mit Natron verbunden in so grosser Menge in der Leber gebildet werden, ohne dort die Zellenfunctionen zu beeinträchtigen, lösen die Blutkörperchen und lähmen den Muskel und das Nervensystem, wenn sie in grösseren Mengen in das Blut und von diesem aus in die genannten Organe gelangen. Bei manchen Stoffen ist die Wirkung in der einen Zelle mit einer Verminderung der Lebensenergie, in der anderen mit einer Erhöhung derselben verknüpft: so bei der Milchsäure und allen fixen organischen und unorganischen Säuren, die im Organismus frei vorkommen. Alle setzen die Leistungsfähigkeit des Muskels herab, ermüden ihn und machen ihn durch ihre Anwesenheit endlich vollkommen unfähig, sich zu kontrahiren und damit Arbeit zu leisten, während sie gleichzeitig die Erregbarkeit des Nervensystems zunächst erhöhen. Der Zusammenhang der Lebesenseigenschaften der Zelle mit ihrer chemischen Zusammensetzung geht aus diesen Beobachtungen mit aller Sicherheit hervor; freilich ist mit ihnen erst der Weg angedeutet, auf welchem die Forschung zu ihrem endlichen Ziele fortzuschreiten muss.

III. Der Zusammenhang der Lebesenseigenschaften der Zelle mit den physikalischen Eigenschaften der sie zusammenhaltenden Stoffe ist in ähnlicher Weise nachzuweisen.

Wie innig sehen wir die Lebensvorgänge mit dem Austausch der Flüssigkeiten und Gase, von Zelle zu Zelle und endlich in die Umgebung, verbunden. Das Leben der Zelle nimmt je nach der Intensität der fortwährend in ihr fließenden electrischen Ströme seine eigenthümliche Richtung an. Die thierische Wärme ist zu allen animalen Vorgängen eine absolut nöthige Vorbedingung.

Den molekularen Bau der Zelle sahen wir oben von dem entscheidenden Einfluss auf alle chemischen Vorgänge des Zellenlebens. Auch der grossere Bau zeigt sich dafür von Einfluss, wie aus den Beobachtungen hervorgeht, dass die specifischen chemischen Lebensthätigkeiten der Zelle meist an die Anwesenheit des Zellkerns geknüpft sind. Ebenso glückt es uns leicht, Einwirkungen des Chemismus der Zelle auf ihre physikalischen Eigenschaften und der letzteren auf die Zellenform und vice versa zu entdecken.

Wir sehen durch die Diffusionsvorgänge beständig die Gestalt der Zelle wechseln. An Stelle diffundirbarer Stoffe, welche aus ihr herausströmen, nimmt sie zuerst meist ein weit bedeutenderes Quantum Wasser in sich auf, schwillt dadurch an und verändert sich, wie man dies schon makroskopisch an quellenden Geweben sehen kann, in der Art, dass sie sich möglichst der Kugelform zu nähern strebt. Dass diese Gestaltveränderung auch auf die Nachbarnzellen von Einfluss ist, geht aus den Veränderungen der Zellenformen hervor, welche durch gegenseitigen Druck hervorgebracht werden. Diese Ausdehnung der Zellmembran muss rückwärts wieder auf den Vorgang des Flüssigkeitswechsels in den Zellen von Einfluss sein; der von ihnen auf den Zellkern ausgeübte Druck wird Flüssigkeit direct herauspressen, filtriren.

Auf diesem Wege haben auch die chemischen Veränderungen den Zelleninhalte einen Einfluss auf die Zellengestalt. Durch die Oxydation in den Zellen werden leicht diffundirbare, krystallisirbare Substanzen gebildet, welche durch Diffusion ausgewaschen werden und damit primär Wasser in die Zelle hinein ziehen. Die Diffusion geht vollkommen Hand in Hand mit der chemischen Umsetzung, da durch letztere dem physikalischen Vorgang die Möglichkeit einer stärkeren Bethätigung geschaffen wird. Auch die anorganischen Stoffe wirken in diesem Sinn; man darf aber nicht übersehen, dass diese vielfach in der Zelle mit organischen, schwer oder gar nicht diffundirbaren Stoffen, wie Eiweiss, in chemischer Verbindung sich befinden, aus der sie erst durch Zersetzung und organische Oxydation frei werden und dann erst ihr Diffusionsvermögen entfalten können.

In Beziehung auf die Leistung mechanischer Arbeit sehen wir auch die chemische Zusammensetzung bedingend. Wir wissen schon, dass der Muskel nicht mehr contractionsfähig ist, wenn er Milchsäure oder andere Säuren oder auch saure Salze (saures phosphorsaures Kalium) oder auch neutrale Kalisalze und gallensaures Natron in sich angelagert hat. In kleiner Menge reizt ihn dagegen die Milchsäure zur Contraction (J. RANKE).

Die Electricitätsentwicklung steht in einer analogen Abhängigkeit von den chemischen Stoffen im Zelleninhalte. Der geruhende Muskel enthält verhältnissmässig wenig Zersetzungsprodukte in sich, entwickelt dennoch sehr bedeutende electrische Strömungserscheinungen. Durch die Anhäufung von Zucker in ihm — wie E. du Bois-Reymond zuerst gezeigt hat — kann

Der electriche Muskelstrom wenigstens in seinen Wirkungen nach aussen wirken; durch die Anhäufung von Milchsäure (J. RANKE, RÖBER), gallensaurem Natron, Kalisalzen wird (J. RANKE) der electriche Strom sehr bedeutend geschwächt, unter Umständen sogar ganz vernichtet. Die Regelmässigkeit der electriche Strömungserscheinungen in Muskeln und Nerven hängt von einem ähnlich regelmässigen chemischen Bau dieser Organe ab, der leicht auch in dem optischen Verhalten seinen Ausdruck findet.

So zeigen sich uns also in Beziehung auf Form, chemische Zusammensetzung und physikalische Vorgänge in der Zelle und mit ihr im Gesamtorganismus deutliche Zusammenhänge. Ueberall erkennen wir Wechselbeziehungen, in allen Lebenserscheinungen ein einfaches, einheitliches Gesetz vermuthen zu können. Wie dieses Grundgesetz des Lebens aber lauten mag, vermögen wir für jetzt nicht einmal zu ahnen.

### Der Tod der Zelle.

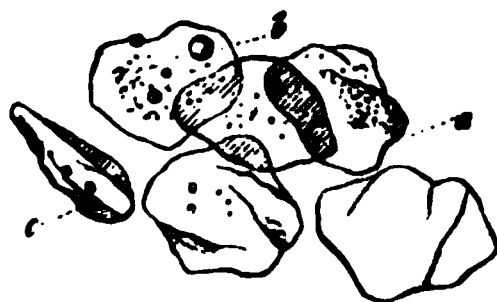
Wir haben nur noch mit wenigen Worten den Untergang des thierischen Organismus: der animalen Zelle zu betrachten, nachdem wir die Vorgänge des Lebens und der Kräfte, die auf dasselbe einwirken, kennen gelernt haben.

Schon in einer der ersten Betrachtungen wurde darauf hingedeutet, dass im Allgemeinen die Mehrzahl der einzelnen Zellen oder besser Zellenformen im Organismus eine bedeutende Lebensdauer besitzen.

Man sind vor allem die Epidermis- und Epithelzellen ausgenommen, welche während des Lebens des Gesamtorganismus einem regelmässigen Absterben verfallen. Die obersten Lagen der verhornten Epidermis werden, nachdem sie ganz vertrocknet und eingeschrumpft sind, mechanisch losgestossen, abgeschuppt, während in den unteren feuchten Epidermisschichten eine Neubildung von Zellen erfolgt. Stets verhornen die obersten Zellenlagen wieder (Fig. 54). Ein ähnlicher Vorgang findet sich auch an den Epithellagen der Schleimhäute statt, z. B. in der Mundhöhle, wo man im Mundsaft stets abgeschuppte Epithelplatten findet. Der Schleim im Darmcanale, des Respirations-, Genital- und Harnapparates zeigt dieselbe normale Erscheinung von abgestossenen Zellen. Im Darmcanale ist die Abstossung theilweise ebenso mechanisch bedingt, wie an der Oberhaut, das Reiben der Darminhaltmassen scheuert die Zellen ab. Anderentheils beruht die Zellabstossung auf der chemischen Einwirkung der Verdauungssäfte auf die oberste Epithelschicht, was besonders im Magen nachgewiesen ist. Ueberall auf Schleimhäuten und in den sogenannten Schleimdrüsen gehen die Epithelzellen jene charakteristische chemische Veränderung ein, welche schliesslich zur Mucinbildung in ihrem Inhalte und dann zur Zerstörung ihrer Zellmembran führt.

Ein Theil der in bestimmten Geweben gebildeten Zellen wird dort losgelassen in die Säftecirculation gebracht, wo die freien Zellen nach verschiedenen Metamorphosen zu Grunde gehen, indem immer neue Zellennachschübe geschehen. Hier sind vor allem die in den Lymphdrüsen gebildeten farblosen

Fig. 54.

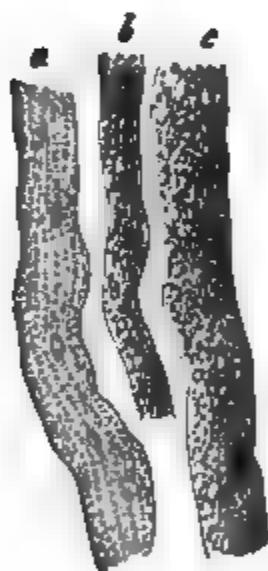


Abgestossene Epidermisschichten der menschlichen Haut.

kernhaltigen Lymph- oder Blutkörperchen sowie die rothen Körperchen zu nennen. Theilweise wandern die freien Zellen aus dem Blut und der Lymphe in verschiedene Gewebe ein, um hier sich umzugestalten und da sogar an der Gewebsbildung sich zu betheiligen. Eine Selbststossung einer Zelle ist auch die periodische Eireifung im Ovarium beim menschlichen Weibe in der grössten Mehrzahl der Fälle, wenn die Befruchtung fehlt, zum Absterben der Eizelle führt, ebenfalls nach gewissen thümlichen Umbildungen. Ein Theil der Drüsensekrete entsteht zweierlei durch den Zerfall der Drüsenepithelzellen, während ein anderer Theil durch Stoffabgabe aus den Zellen erfolgt. Haben die secernirenden Zellen einen Kern, z. B. Hodenzellen, so wird diese durch Druck von innen oder Auflockerung chemischer Art gesprengt und die Inhaltsmasse wird damit frei.

Auch andere Zellen im Innern der Gewebe sehen wir dem allgemeinen Schicksale des Organisirten verfallen. Vor Allem sehen wir durch massige Ansammlung von Fett im Protoplasma die Zellenthätigkeit gelähmt und endlich vernichtet. Der Fettmetamorphose können alle Zellen je nach ihrer Lage und pergegend in pathologischen Fällen unterliegen. Durch Fettmetamorphose

Fig. 55.



Muskelfäden des Menschen in fortschreitender (a, b, c) Fettdegeneration begriffen.

Fig. 56.



Entartungsformen thierischer Zellen. a Zellen des Graaf'schen Follikels mit Fett erfüllt; b Epithelien der Lungenbläschen mit Pigmenteinfiltration.

werden im physiologischen Vorgange auch Zellen der Milch- und Talgdrüsen, den Muskelfasern des Herzes, sich fast regelmässig eine leichte stärkere körnige Trübung des Protoplasmas, wodurch die Querstreifung undeutlich wird. Die in der Schwangerschaft vergrösserten und wohl vermehrten Muskelfasern des Uterus durch dieselbe Umbildung nach der Geburt theilweise zu Grunde (Fig. 56). Ebenso die Zellen des geplatzten Graaf'schen Follikels bei der Bildung des gelben Körpers: Corpus luteum, die Anhäufung grösserer Mengen von Fettstoffen in den Zellen scheitert unter Umständen ihren Tod herbeizuführen. Bei den Blutzellen wird, wie es

bei der Untergang durch die Ansammlung des Hämoglobins eingeleitet, deren Zellen, wie z. B. den Epithelzellen der Lungenbläschen, durch die Ablagerung von Abkömmlingen dieses Farbstoffs, z. B. Melanin.

Auch die Einlagerung von Kalksalzen, von phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, kann schliesslich zum Zellenuntergange führen.

Nach dem Tode des Gesamtorganismus, nach dem Ausschneiden der Organe und Organtheile sehen wir als Leichenerscheinungen bei den Veränderungen in allen Zellen vor sich gehen, welche zuerst zum Absterben einer sauren Reaktion im Protoplasma, wohl meist zunächst zur Milchsäurebildung führt. Wo durch Säure fällbare Albuminmodifikationen (Myosin etc.) sich finden, werden diese durch die spontan entstehende Fällung niedergeschlagen wie im Muskel, in den Leberzellen, Flimmerzellen etc.

durch verändern sich die physikalischen Eigenschaften dieser Zellen und Zellenabkömmlinge, sie verlieren ihre lebende Elasticität und werden starr: Leichenstarre. Das optische Aussehen verändert sich, da das gefällte Albuminat, das Anfangs gallertig und durchsichtig ist, in der Folge in Gestalt einer Körnchen die Durchsichtigkeit trübt. Dabei treten Gestaltsveränderungen in den Zellen ein: sie suchen sich alle mehr oder weniger kräftig der Kugelform zu nähern; wie an den gestreckten Muskelementen, so sieht man dieses auch an allen mit lebender Contractilität ausgestatteten Zellen. Der erstarrende Muskel verkürzt sich und wird dicker, der ausgeschnittene Wadenmuskel des Frosches wird bei ausgebildeter Starre fast vollkommen kugelig; die amöboide Zelle zieht ihre Fortsätze ein und nimmt die runde Gestalt an, welche die ältere Mikroskopie allein an ihr kannte. Die Leberzellen platten sich dagegen durch wechselseitigen Druck eckig ab.

In anderen Organen, im Magen z. B., treten rasch noch weitere chemische Veränderungen ein. Durch das Auftreten der Säure in den absterbenden Geweben des Magens kommt das in den Labzellen im Drüsengrunde aufgespeicherte Pepsin zur Wirkung, und die Selbstverdauung, welche im normalen Leben nur die saure äusserste Oberfläche des Magens ergreifen konnte, schreitet nun in die Tiefe fort und zerstört die Magenwände, Leber, Eingeweide wenigstens zum Theil, welche vorhin durch alkalische Reaktion ihrer Gewebsflüssigkeiten vor der Verdauung geschützt waren.

Auf die Leichenstarre folgt mehr oder weniger rasch die Fäulniss der toten animalen Gebilde. Sie charakterisirt sich durch Auftreten ammoniakalischer Zersetzungsprodukte in der toten Zelle. Dadurch wird die Säure derselben zuerst neutralisirt, dann übercompensirt, die gefällten Eiweisskörper lösen sich wieder auf, die Leichenstarre löst sich.

Die erste Fäulnissveränderung der contractilen Substanz der Muskelfasern ist ein näheres Aneinanderrücken der Querstreifen, wodurch die Querstreifung undeutlicher wird (Falk). Zuerst ist die Faser gelblich und wie körnig bestäubt, schliesslich findet ein wahrer körniger Zerfall statt. Die Körnchen zeigen Fettglanz, doch bestehen sie nur theilweise aus Fett. Im weiteren Verlaufe scheint aber eine vollkommene postmortale Fettdegeneration: Leichenwachsbildung einzutreten, welche an Stelle des Muskels namentlich Ammoniakalitäten treten lässt. Die Querstreifung geht in eine Längsstreifung über. Die Muskelkerne schrumpfen, verlieren das Kernkörperchen und verschwinden endlich ganz. Auch das Sarkomer, das sonst so resistent gegen chemische Einwirkungen ist, löst sich. Nach den Erfahrungen der gerichtlichen Medicin scheint das Gewebe der glatten Muskelfasern (Uterus) viel resistenter zu sein als das der quergestreiften. Die Muskelfasern sind (in Muskelstücken) nach ARRIGO TAMASSIA im Wasser nach 42, in der Erde nach 37, in der Luft nach 30 Tagen gänzlich verschwunden. Ebenso rasch zerfällt das weiche Bindegewebe in Wasser, während darin das Sehngewebe erst am 75. Tag verschwindet. Sehr viel rascher verschwinden die letzteren Gewebe in der Erde und der Luft.

Die Blutkörperchen werden immer kleiner und kleiner, sie verlieren die Neigung aneinander zu haften, und zerfallen in farblose und dunkle Körnchen. Die weissen Blutkörperchen sind, was man besonders an leukämischer Blute sehr deutlich sehen kann (J. RANKE), resistenter als die rothen. Wenn letztere ganz gelöst sind, können erstere noch unversehrt sein. Endlich schwindet der Kern und auch sie verflüssigen sich. Die Leberzellen verändern sich später als die rothen Blutzellen und die Muskeln. Zuerst schwinden die Kerne, die Zellen



werden trüb mit Körnchen dicht erfüllt; sie werden wieder rundlich oder oval und lösen sich in Körnchenmassen auf, in die man sie schon viel früher verwandelt findet, ehe die Lebergestalt im Grossen und Ganzen zerstört ist.

### Der animale Organismus eine Kraftmaschine.

Nachdem wir im Allgemeinen die Gesetze kennen gelernt haben, unter deren Einwirkung die Lebensvorgänge im einfachsten animalen Organismus, in der Thierzelle, sich regeln, werden wir nun, gestützt auf diese Erkenntnisse, bei der Betrachtung des complicirten animalen Organismus des Menschen einen wesentlich veränderten Gang einschlagen können.

Wenn wir den Menschen nach seinen mechanischen Bewegungsvorgängen betrachten, so können wir ihn auffassen als eine Kraftmaschine, eine Maschine, die durch ihre mechanischen Einrichtungen die Spannkkräfte in Arbeit umsetzt, welche ihr von aussen zugeführt werden durch die Nahrungsmittel, aus denen sie ihre einzelnen Maschinentheile und die Flüssigkeiten bildet, die zur Erhaltung und Kraftproduktion der letzteren nothwendig sind. Nach dieser Betrachtungsweise werden wir bei der Beschreibung des Baues und der Vorrichtungen des menschlichen Organismus zweckmässig denselben Weg einschlagen können, nach dem man in der Mechanik eine Maschine und ihre Wirkungsweise beschreibt. Am meisten Aehnlichkeit hat die Maschine des menschlichen, im Allgemeinen des animalen Körpers mit den kalorischen Maschinen unserer Technik, bei denen chemische Spannkkräfte, durch Verbrennung von Kohle und kohlereichen Stoffen geliefert, in mechanische Arbeit umgesetzt werden. Bei der Beschreibung einer derartigen Kraftmaschine und ihrer Leistungen können wir zuerst die passiv bewegten Theile von den aktiv bewegenden unterscheiden, und haben dann noch weiter zu fragen, in welcher Weise den letzteren die Kräfte zugeführt werden, welche sie in äusserer Arbeit umsetzen.

Die mechanischen Einrichtungen des menschlichen Knochengerüstes entsprechen den bei einer Maschine passiv bewegten Hebeln, Rädern und anderen weitigen Uebertragungsvorrichtungen, von deren Verbindungsart und Bau die specielle Leistungsfähigkeit der Maschine bedingt ist. Die Fähigkeit zu den einzelnen Bewegungen und Arbeiten, die wir den menschlichen Gesamtorganismus verrichten sehen, beruht auf den mechanischen Bedingungen seines Skeletes. Bei den Dampfmaschinen ist die Kraft, welche das complicirte Getriebe ihrer speciellen Arbeitsvorrichtungen in Gang setzt, eine linear wirkende Druck- und Zugkraft. Die lineare Auf- und Abwärtsbewegung des Stempels setzt sich in die verschiedenartigsten Bewegungen um. Auch durch die Hebelmechanismen des menschlichen Körpers werden einfach linear wirkende Zugkräfte, die lineare Verkürzung und Wiederverlängerung der Muskeln, in die mannigfachen Bewegungen umgewandelt, die er auszuüben vermag. Durch Röhren wird der gespannte Wasserdampf dem Kolben zugeleitet und dadurch derselbe in Bewegung versetzt. Bei Verschluss der Leitungsröhre hört die Kolbenbewegung und damit die gesamte Maschinenbewegung auf, der dann Bewegungsantrieb und die



zur Bewegung verwendbare Kraft mangeln. Bei dem menschlichen Organismus sehen wir durch den Nerven den Bewegungsantrieb in ganz analoger Weise dem eigentlichen Arbeitsorgan, dem Muskel zugeführt. Die Zuführung des Kraftmaterials erfolgt auf einer zweiten Bahn, durch die Ernährungsgefässe. Hier treffen wir auf den ersten principiellen Unterschied zwischen den kalorischen Maschinen unserer Technik und dem animalen Organismus, der durch Zersetzung seiner Arbeitsapparate selbst sich Arbeitskraft zu liefern vermag.

Bei der weiteren Betrachtung des menschlichen Organismus als Bewegungs- und Arbeitsmaschine stossen wir nun zunächst auf die Frage, wodurch den Nerven selbst der Bewegungsantrieb ertheilt wird, durch den sie die Muskeln in Aktion setzen. Wir werden dadurch auf die Betrachtung der animalen Einrichtungen geführt, durch welche die Reize der Aussenwelt in Nerven-, Muskel- und Skeletbewegungen umgesetzt werden: die äusseren und inneren Sinnesapparate und Reflexvorrichtungen. Wir kommen dann zu der schliesslichen Hauptfrage, ob auch durch innere centrale Vorgänge selbst (Wille) diese Bewegungen ausgeführt werden können, die wir in der Mehrzahl der Fälle aus äusseren Gründen eintreten sehen; wir werden auf diese Weise zu den letzten Problemen der Gehirnphysiologie geführt.

Um den Modus und die Bedingungen für die Bewegung und Arbeitsleistung unserer animalen Maschine zu studiren, haben wir uns noch näher zu fragen, woher und wie die Kräfte geliefert werden, die wir von der Maschine nach aussen verwendet sehen, und in welcher Weise sie in Stand erhalten wird. Bei der kalorischen Maschine kommt hier das Heizmaterial und die Heizvorrichtung zunächst in Betracht, durch welche letztere die bessere oder schlechtere Ausnutzung der durch die Verbrennung erzeugten lebendigen Kräfte bedingt wird. Die Abnutzung der Maschine durch die Arbeit erfordert Reparaturen, Neueinsetzung ausgebrochener Stücke etc. In dem menschlichen Organismus dienen diesen verschiedenen Zwecken die Ernährungs- und Stoffwechselvorgänge. Eine grosse Anzahl der wichtigsten Organe des menschlichen Körpers sind mit der Aufgabe der Stoffaufnahme, Stoffabgabe und Stoffumwandlung beschäftigt. Die im letzten Grunde von dem Pflanzenreiche gelieferten Nährsubstanzen werden zunächst in die Säftemasse des Körpers durch die Thätigkeit der Verdauungsorgane übergeführt, die einen sehr bedeutenden Theil des Gesamtkörpers ausmachen. Die Säftemasse dient der Erneuerung und dem Wachsthum aller Körperorgane, sie führt ihnen Bau- und Kraftmaterial zu und dafür die Stoffe ab, die im Haushalte des Organes ausgedient haben, um sie theils anderen Organen zur weiteren Benutzung oder zur Ausscheidung zu übergeben.

In der Betrachtung der Gesamtleistungen des menschlichen Organismus als Kraftmaschine können diese organ- und kraftproducirenden Vorgänge mit ziemlich gleichem Rechte an den Anfang oder an das Ende der Darstellung verwiesen werden. Wir nehmen sie im Folgenden zum Ausgangspunkt unserer Darstellung, und zwar darum, weil sie unter den physiologischen Vorgängen im animalen Organismus sich noch zunächst an die Hauptvorgänge in den Pflanzen anschliessen. Wir kommen so, indem wir nach der alten Ausdrucksweise von den vegetativen Vorgängen zu den animalen und hier von den niederen zu den höheren und höchsten fortschreiten, zu einer gegliederten Darstellung, die in

gewissem Sinne der Gesamtentwicklung der organisirten Natur entspricht.

Die sogenannten vegetativen Vorgänge der Stoffaufnahme, Stoffabgabe, Stoffzersetzung und des Stoffaustausches bezeichnen wir als :

**Stoffwechsel.**

Der Stoffwechsel liefert dem animalen Organismus die Möglichkeit der :

**Arbeitsleistung,**

unter welchem Ausdrucke wir die gemeiniglich als »animale« bezeichneten Lebensvorgänge zusammenfassen können.

In diese beiden Hauptabschnitte gliedert sich unsere Aufgabe.

---

# **Specielle Physiologie.**

---

## **I.**

# **Die Physiologie des Stoffwechsels.**

---



# I. Die Ernährung.

## Viertes Capitel.

### Die Nahrungsmittel.

---

#### Begriff des Nahrungsmittels.

Wir kennen die Stoffe, aus denen die Nahrung der animalen Zelle zu bestehen hat; auch die allgemeinen Grundgesetze der Ernährung thierischer Organismen sind uns bekannt; wir haben noch die Einzelverhältnisse kennen zu lernen, in welchen sie bei dem Menschen zur Geltung kommen.

Von den einfachen Nahrungsstoffen: Eiweiss, Fette, Kohlehydrate, Wasser, Kochsalz, phosphorsaures Kali etc., werden nur sehr wenige einzeln für sich genossen (Zucker z. B.); meist werden viele mit einander gemischt, nachdem sie noch einer mehr oder weniger eingreifenden Zubereitung unterliegen, als sogenannte Nahrungsmittel aufgenommen; durch die Zubereitung werden die Nahrungsmittel zu: Speisen. Die Natur selbst lehrt uns, die Nahrungsstoffe zu mischen. Fast alle Substanzen, die sie uns zur Ernährung darbietet, Wasser, Milch, Getreidesamen, Fleisch etc. etc. sind nicht einfache Nahrungsstoffe, sondern Gemische von solchen, die mehrere Ernährungszwecke gleichzeitig erfüllen. Die Eier eierlegender Thiere können als Beispiele vollkommener Nahrungsmittel dienen. Sie enthalten nach unserer S. 95 gegebenen Darstellung alle Stoffe, die der animale Organismus zum Aufbau seiner Organe bedarf.

#### Das Wasser.

Das Wasser<sup>1)</sup> spielt im thierischen und menschlichen Leibe die Rolle eines Vermittlers der wichtigsten chemischen und physikalischen Vorgänge. Der Körper des Menschen und der höheren Säugethiere besteht zu 58,5% aus Wasser, das an dem organisirten Bau sich wesentlich betheiligt. So ist schon das reine Wasser an sich ein wichtiger Ernährungsstoff. Noch mehr aber gewinnt es an Bedeutung dadurch, dass es vom Menschen nicht in chemischer

---

<sup>1)</sup> Ueber Luft vergleiche man bei Athmung und Ventilation.

Reinheit genossen wird, sondern beladen mit einer Menge anderer für den Haushalt des Organismus wichtiger organischer Stoffe.

Das Wasser besitzt die Fähigkeit, beinahe alle Stoffe aufzulösen. So kommt es, dass das Quell- und Flusswasser, welche vorzüglich zum Trinken dienen, mit den festen und gasförmigen Stoffen, je nach ihrer Löslichkeit, mehr oder weniger beladen sind, welche ihnen unterwegs in der Luft- oder Erdschicht begegnen, die sie durchsetzen. Manche Quellwasser enthalten eine sehr grosse Menge derartiger Beimischungen und erhalten dadurch den Charakter der Mineralquellen. Aber auch im gewöhnlichen Trinkwasser sind jene in bedeutender Quantität vorhanden und man darf sich so wenig verleiten lassen, sie etwa als Verunreinigungen desselben aufzufassen, dass ihre Abwesenheit sogar das Wasser zum Genusse untauglich macht. Es fehlen die Mineralbestandtheile im Regenwasser sowie im destillirten Wasser, beide können erst durch Zusatz von Salzen — entweder solcher, die das Wasser freiwillig aus dem Boden, der Cysternenwand etc. auslaugt, oder durch Zusatz von Kochsalz — zum Gebrauche als Trinkwasser tauglich gemacht werden. In wasserarmen Gegenden, z. B. auf der schwäbischen Alp, wo nur Regenwasser zu Gebote steht, hat der natürliche Instinkt den Bewohnern seit den ältesten Zeiten gelehrt, dem Cysternenwasser Kochsalz zuzusetzen (J. RANKE).

Das Wasser enthält je nach dem Zustande der Witterung eine wechselnde Menge von Luftbestandtheilen, welche sich bekanntlich beim Kochen, aber ebenso bei dem Gefrieren als Luftblasen ausscheiden. Auf der Gegenwart der Luft im Wasser beruht seine Fähigkeit, thierischen Organismen — Fischen etc. — welche zur Erhaltung ihres Lebens Sauerstoff bedürfen, als Aufenthaltsort dienen zu können; im Wasser der Quellen fehlt der Sauerstoff meist fast gänzlich, woher es rührt, dass sich in den frischesten Quellen keine Fische und Thiere halten können, sie müssen aus Luftmangel ersticken. Ein Forellenbach hat bei seinem Ursprung keine Fische, erst wenn sein Wasser längere Zeit mit der Luft in Berührung war, ist es für thierische Organismen athembar. Die Luftmenge beträgt etwa  $\frac{1}{30}$  —  $\frac{1}{20}$  des Volumens des Flusswassers, so dass in 4 Kubikfuss Wasser  $33\frac{1}{3}$ , 40 bis 50 Kubikzoll Luft enthalten sind. Die uns bekannte Wirkung der Gesetze der Gasdiffusion verursacht, dass die Luft im Wasser weitaus sauerstoffreicher ist als die atmosphärische.

In 400 Kubikfuss Wasser sind im Durchschnitt

dem Volum nach :	dem Gewicht nach :
Sauerstoff . . . . 1280 K. Z.	28,66 Gramm,
Stickstoff . 2560 bis 2640 -	50,71 bis 52,30 -
Kohlensäure 80 bis 260 -	2,47 bis 2,95 -

Wie aus dem über das Quellwasser Gesagten erhellt, ist der Sauerstoff in Wasser nicht nöthig, um ihm Wohlgeschmack zu verleihen. Letzterer nimmt dagegen mit der steigenden Menge an Kohlensäure zu, an der das Quellwasser sich stets ziemlich reich zeigt. Die Verhältnisse dieser Luftbestandtheile des Wassers sind in dem der Luft ausgesetzten Wasser ebenso gleichbleibend wie die Zusammensetzung der Atmosphäre. Desto verschiedener sind die mineralischen beigemischten Stoffe, die sich je nach den verschiedenen, im Boden, die das Wasser durchsetzte, anwesenden Mineralbestandtheilen richten.

Nach den Untersuchungen von BOUCHARDAT und COLIN insbesondere führe



er der Flüsse und Seen Frankreichs und der Schweiz sehr verschieden an Mineralbestandtheilen. Es stellt sich heraus, dass sie der he nach kohlensaure und schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen ch von Erden, besonders Kalk enthalten, die Salze der Alkalien treten zurück. Die kohlensauen Erden sind nur durch Vermittelung der hhlensäure als doppeltkohlensaure Salze gelöst. Der Kalk ist in so enge im Trinkwasser kalkreicher Gegenden enthalten, dass nach den ungen von BOUSSINGAULT seine Menge hinreicht, den heranwachsenden lie ihnen zur Bildung ihrer Knochen nothwendige Kalkerde zu liefern. nete, dass auf seinem Landgute ein Ferkel in drei Monaten  $\frac{1}{3}$  Pfund rinkwasser erhalten habe, und dass sein Gutsbrunnen im Jahre dem 0 Pfund Kalk, Bittererde und Kochsalz zuführe. Wir sehen, dass schon wasser meist allein hinreichte, wenn auch die übrigen Nahrungsmittel organischen Nahrungsstoffe mehr führen würden, den menschlichen us mit diesen nothwendigen Substanzen zu versehen.

**minische Bemerkungen.** — Man fordert von einem guten Trinkwasser folgende ten: es muss klar, farb-, geruch- und geschmacklos sowie frisch und kühl rlf im L i t e r von organischen Substanzen nicht mehr als 0,050 Gramm, von salpe e und Salpetersäure nicht mehr als zusammen 0,005 Gramm, von Ammoniak (als es Ammoniak im Wasser enthalten) nicht mehr als 0,040 Gramm, von festen Be n im Ganzen nicht mehr als 0,500 Gramm enthalten. Alles übelriechende und ckende, sowie getrübt und gefärbtes Wasser ist von vorneherein als Trinkwasser , doch nicht immer schädlich. Schwefelwasser z. B. schmecken und riechen wider ung durch etwas kohlensauen Kalk etc., nach Regen oder Färbung des Wassers nöse Substanzen in moosigen Gegenden sind unschädlich. Doch sind im Allge e organischen Stoffe und die salpetrig- und salpetersauren Salze als wahre Verun nigen des Trinkwassers zu betrachten. Die salpetrig- und salpetersauren Salze des - salpetersaures und salpetrigsaures Ammoniak — sind nur zum kleinsten Theile iosphäre gebildet, wo sie namentlich bei Gewittern entstehen. Zum grössten Theile ie wie die organischen Beimischungen daher, dass Flüssigkeit aus Kloaken, Gossen, reien etc. in Brunnen hineinsickert oder in die Flüsse geleitet wird und so das er verpestet, und Ursache zu den mannigfachsten Erkrankungen wird, die Gesund- ltnisse ganzer Städte oder einzelner Lokalitäten vorübergehend oder für immer itert. Das Wasser ist ein Verbreitungsmittel für faulende, krankheiterzeugende s wird durch lokale Verhältnisse — Nähe der Kloaken am Brunnen z. B. — ver wie einzelne Häuser für sich z. B. Typhus herde sein können, während daneben von anderem Wasser versorgte Wohnungen vollkommen gesund sind. Nach ROFER spielt bei der schädlichen Einwirkung des Wassers gleichzeitig stets auch der , welcher durch das Wasser mit verunreinigt wird. Das Wasser solcher verun- brunnen beherbergt eine ganze Flora und Fauna von Wesen, die besonders auf und Steinen sitzen, welche den Brunnengrund bilden. Sie haben durch RADLKOER eine he Untersuchung gefunden.

den organischen Formtheilen des Schlammes erscheint der eine Theil als völlig ge, nur zufällig von aussen herbeigeführte Beimengung; ein zweiter Theil als aus itelbaren Umgebung des Brunnens (seiner Bedeckung und Umfassung) stammend; e Theil endlich als wesentliche organische Beimengungen von im Wasser des Brun- st lebenden Organismen gebildet.

nders die Zahl der zufälligen Beimengungen wird sich durch weitere Untersuchungen ehren lassen. Sie sind unter Umständen die wichtigsten, wie der unten angeführte holerainfektion zeigt.

**RADLKOFER** zählt als zufällige Beimengungen aus dem Thierreiche stammend Haare von Mäusen und Ratten, gefärbte Wollfasern, Theile von Vogelfedern.

Aus dem Pflanzenreiche: Oberhautsetzen von verschiedenen Pflanzen und P theilen, bald mit, bald ohne Spaltöffnungen; Pflanzenhaare; Zellen aus der Kartoffel Gefässbündelnetze von Blättern; abgestorbene, isolirte oder zusammenhängende Ze dem Innern von Rinden und Blättern; Rindenzellen aus Bäumen; Strohstückchen; v Fasern und Stückchen.

Aus der unmittelbaren Umgebung des Wassers stammten an Thierüberresten: kleiner Würmchen und im Wasser lebender Insectenlarven, Leichen von Milben, Bor der Hautbedeckung eines niederen Thieres.

An Pflanzen: Fasern und Bruchstücke von der Holzbedeckung des Brunnens, da frei braune gegliederte Pilzfäden (Hyphomyceten) mit den Pilzsporen: einzellige sp förmige, in grosser Anzahl neben einander liegend; zwei-, vierzellige, stumpf keul birnenförmige; zwei-, fünfzellige, spindel- oder mondsichelförmige von einem Fusi oder Selenosporium. Aus dem modernden Holzwerk war ein kleiner Pyrenomycet.

Als wesentliche Gemengtheile, deren Dasein von dem Wasser des Brunnens selbs gig erscheint, bezeichnet er als thierische (nach Bestimmungen von **SIEBOLD**): Vers lebende, geissel- und cilientragende Infusorien, den einfacheren Formen angehörend dinen); Gehäuse von abgestorbenen Panzerinfusorien (Cryptomonadinen); encystirte P (Amoeba): lebende, in Bewegung begriffene Amoeben; eine kleine Crustacee (Cyclops cornis). Als pflanzliche: Pilzfäden, zartere farblose und derbere gelbliche, mit m holzter Wandung; Selenosporium; Pilzalgen (Hygrocrocis); Diatomeen und Rest (Navicula, Pinnularia), Zellen von Pediastrum ähnlichen Algen; Zellen von Bacteri anderen Vibrionen; endlich zahlreiche graulich-gelbliche Flocken einer chlorophyllo (Palmella flocculosa **RADLKOFER**), die sich in allem Quellen- und Brunnenschlamm fin

Es ist klar, dass der Gehalt des Wassers an Salpetersäure (resp. salpetrige deren gleichzeitige Anwesenheit wir neben der Salpetersäure im Folgenden stets still gend voraussetzen) nicht ohne Einfluss auf die Menge der im Wasser gelösten Stoffe se So kommt es, dass die am meisten verunreinigten Brunnen auch bei Weitem die grössl anorganischer Stoffe gelöst enthalten.

In den Trinkwassern der Städte ist der Salpetersäuregehalt schwankend. WAG folgende Tabelle; die Zahlen bedeuten Grammen im Liter:

	München.	Dorpat.	Berlin.	Leipzig.	Dresden.	Stettin
Minimum:	0,057	0,0042	0,006	0,065	0,043	0,024
Maximum:	0,340	0,8460	0,358	0,347	0,459	0,26'

Nach **MÜLLER** ist schon ein Gehalt von 0,004 Gramm Salpetersäure bedenklich als du unreinigung erzeugt. Die Salpetersäure kann im Wasser durch faulende organisch stanzen in Ammoniak zersetzt werden. Die Schwankungen im festen Rückstand der B wasser zu verschiedenen Zeiten sind sehr bedeutende, wie **SCHMIDT** für Dorpat f Wagner für München, Andere für andere Orte bestätigten.

Ein Liter Wasser des gleichen Brunnens ergab an festem Rückstand (WAGN

1. April	. . . . .	0,56 Grm.
20. April	. . . . .	0,68 -
24. Mai	. . . . .	1,07 -
8. Juni	. . . . .	1,00 -
15. Juni	. . . . .	0,97 -
30. Juni	. . . . .	0,93 -
14. Juli	. . . . .	0,85 -
28. Juli	. . . . .	0,88 -
5. August	. . . . .	0,83 -
9. September	. . . . .	0,70 -

24. September . . . . .	0,65 Grm.
8. October . . . . .	0,60 -
22. October . . . . .	0,58 -

Bei vier anderen schlechten Brunnen fand er: 0,59 bis 3,26; 0,83 bis 2,04; 0,57 bis 1,11; 1,44 bis 4,68 Grm.

WAGNER fand, dass bei nasser Witterung der Gehalt des Brunnenwassers an festem Rückstand zu-, bei trockenem Wetter abnimmt. Es hat das darin seinen Grund, dass den Brunnen durch das zuströmende Regenwasser mehr Auslaugungsprodukte von Abfällen, Excrementen etc. zugeführt werden. Es zeigte sich, dass bei einer allgemeinen Zunahme der festen Bestandtheile des Wassers der Gehalt an Alkalien (vorwiegend aus Excrementen stammend) einem ungemein rasch wachsenden Verhältniss steigt.

In Gegenden der Kalkformation stammt der Kaligehalt des Wassers zum Theil aus thierischen und pflanzlichen Zersetzungsprodukten, deren Reste in das Wasser gelangen. Zunahme an Kali ist dann ein Zeichen von zunehmender Beimischung derartiger Zersetzungsprodukte. Die Vergleichung der Beobachtungen FEUCHTINGER's mit denen WAGNER's, welche etwa 40 Jahre aus einander liegen, zeigen, dass in diesem Zeitraum in München von 0 bis zu einer beträchtlichen Höhe der Kaligehalt des Trinkwassers gestiegen ist.

Es ist einleuchtend, wie wichtig die Kenntniss dieser Verhältnisse für den Arzt ist, der nicht schon dadurch, dass er schädliches Trinkwasser vermeiden lässt und für gesundes sorgt, eine Reihe von Krankheiten verhüten kann. In einem doppelten siebenjährigen Durchschnitt ergibt sich, dass, seitdem 1859 die Copenhagener Wasserleitung vollendet ist, sich daselbst die Todesfälle an typhoiden Fiebern, Scharlach, Skrophulose und Tuberkulose vermindert haben (J. HENSEMANN). Aehnlich günstig erscheinen die Wirkungen der Versorgung mit gesundem Trinkwasser in anderen Grossstädten.

Man ist geneigt, weil es für kleinere Ortschaften verhältnissmässig leicht ist, reines Trinkwasser zu verschaffen, dieser Bedingung der Gesundheit dort weniger Aufmerksamkeit als in grossen Städten zu schenken, doch liegt es auf der Hand, dass überall lokale Schädlichkeiten der schlimmsten Art gegeben sein können, die um so ungestörter und nachhaltiger einwirken, wenn sie nicht beachtet werden. Es ist überall eine der grössten Aufgaben der Ortsverwaltung, für reines, gesundes Trinkwasser zu sorgen. Der Arzt als Gesundheitsrath muss über die Grundprincipien der Frage im Klaren sein. — Es leuchtet ein, dass vor Allem darauf gesehen werden muss, dass die Anlage der Kloaken und Abflusscanäle nicht so erfolgt, dass sie ihren Inhalt durch den Boden in benachbarte Brunnen ergiessen können. Gehörige Entfernung beider ist das beste Mittel der Vorhütung, im Nothfalle müssen die Wände der ersteren cementirt werden, was jedoch nicht absolut schützt. Die Versorgung der Städte mit Wasserleitungen von gesundem Quellwasser verhütet diese gefürchtete Verunreinigung. Blei- und Zinkleitungen ertheilen dem Trinkwasser einen geringen Bleigehalt, wenn das Wasser nicht schwefelsauren Kalk führt, der das Blei als unlösliches schwefelsaures Blei niederschlägt. Nach v. PETTENKOFER greifen alle »harten« Wasser, welche Kohlensäure und kohlensauren Kalk gelöst enthalten, das Blei weniger an. Man hat niemals von der Anwendung des Bleies zu Wasserleitungen nachtheilige Folgen gesehen, wenn das Wasser nicht mit der Luft in Berührung in den Röhren oder Reservoirs (cf. die Beobachtungen von WORMS und LAVERAU auf der folgenden Seite, stagnirte. Eisen- und Zink-Röhren werden um so mehr angegriffen, je mehr das Wasser Sauerstoff und Kohlensäure enthält, darum rosten sie in Quellwasser, das wenig Sauerstoff führt, weniger als in Fluss- und Regenwasser. Bildet sich mit der Zeit eine Kruste von Eisenoxydhydrat, so erschwert diese den Zutritt des Sauerstoffs zum Metall, daher führt das Wasser aus frischen eisernen Röhren mehr Eisen als aus alten. Ein geringer Eisengehalt des Wassers ist der Gesundheit mehr zuträglich als schädlich. Zink, das oft zu den Sammelbehältern von Wasserleitungen angewandt wird, ertheilt dem Wasser, das längere Zeit mit ihm in Berührung steht, einen Zinkgehalt, der um so beträchtlicher wird, je reicher das Wasser in Chlorverbindungen ist. ZIUREK fand in Wasser, das längere Zeit in einem Zinkreservoir

gestanden hatte, einen Gehalt von 1,0104 Gramm Zink im Liter. Er rath, die Zinkbassins in Ockerfarbe oder Asphaltlack anzustreichen.

Wir müssen stets mit gegebenen Grössen rechnen, so auch hier. Ist das Trinkwasser schlecht und ungesund, und ist es nicht möglich, die hieraus hervorgehenden Schädlichkeiten durch Herbeischaffung gesunden Trinkwassers zu vermeiden, so müssen Anstalten getroffen werden, das vorhandene Wasser von seinen Verunreinigungen zu befreien.

Das Kochen des Wassers zerstört die schädlichen organischen Beimengungen, treibt aber auch alle Luft aus und macht dadurch das Wasser unschmackhaft. Im Nothfall kann trotzdem Anwendung finden, wenn man es nach dem Erkalten einige Zeit mit Luft geschüttelt hat oder nur offen an der Luft hat stehen lassen.

In Paris dient das Seinenwasser fast ausschliesslich als Trinkwasser. Es muss, wie bei anderer als Trinkwasser benutzter Flüsse, vor dem Gebrauche von den erdigen Bestandtheilen, die es enthält, gereinigt werden. Diese erdigen Bestandtheile, welche das Flusswasser führen, sind von den Mineralbestandtheilen, die wir vorhin betrachtet haben, wesentlich zu unterscheiden. Erstere bestehen der Hauptmasse nach aus Thon oder kohlensaurem Kalk und sind ohne gelöst zu sein, im Wasser suspendirt, besonders nach starkem Regen- und Thauwetter und setzen sich äusserst langsam ab. Abgesehen von diesen erdigen Beimischungen ist das Flusswasser gewöhnlich weit ärmer an festen Mineralbestandtheilen als das Quellwasser, die Flüsse zum Theil durch Regenwasser gespeist werden, welches bei seinem raschen Abfluss keine Zeit hatte, eine grössere Menge jener Stoffe zu lösen. Die Loire bei Orléans enthält nach GUIDAUT nur 0,068 Grm. feste Stoffe im Liter Wasser; das Elbewasser bei Dresden nach PETZOLDT 0,300 Grm., während das Wasser z. B. des Kreuzbrunnens in Dresden 1,0 Grm. feste Theile enthält. Die Reinheit des Quellwassers an aufgeschlemmten, erdigen Beimengungen, sowie sein Reichthum an gelösten Mineralbestandtheilen, welche es zu seinem Vortheil von dem Flusswasser unterscheiden, sind beide Folge des Filtrationsprocesses, welchen es bei seinem langsamen Durchsickern durch den porösen Boden durchzumachen hat. Hier werden ihm auch organische Beimischungen wenigstens zum Theil entzogen, indem sie jenen oben genannten Organismen als Nahrungstoffe dienen.

Man ahmt bei dem Wasserreinigungsprocess diesen natürlichen Filtrationsprocess nach. In Venedig hat man filtrirende Cysternen, bei welchen das Regenwasser in grossen wasserdichten, mit einer Thonlage belegten Gruben gesammelt wird, welche mit Sand gefüllt sind. In der Mitte geht durch den Sand ein Schacht nieder, welcher trocken gemauert und mit Oeffnungen im Mauerwerke versehen ist. Das aussen auf den Sand geleitete Wasser sickert durch diesen in den Schacht, aus dem es durch Schöpfeimer, gereinigt und mit gelösten Mineralbestandtheilen geschwängert, gehoben werden kann. Die Reinigung des Flusswassers im Grossen geschieht auf ähnliche Weise, wie eben angegeben. Es wird eine Filterbeete geleitet, welche ohne Mörtel gemauerte Schachte enthalten, auf einem Lehmgrund aufstehend. Etwa 6' hoch ist diese grosse »Lehmschüssel« zu unterst mit Geröll, dann mit grobem, endlich feinem Sand gefüllt. Diese Schichten muss das Wasser durchsetzen, um die Schachte zu gelangen. In den Familien in Paris sind Filter gebräuchlich, welche aus einem Kasten bestehen mit doppeltem Boden. Der obere, auf den das zu filtrirende Wasser aufgegossen wird, besteht aus einem porösen Steine (grès filtrant genannt), der das Wasser klar durchsickern lässt, welches unten aus dem Behälter durch einen Hahn abgelassen werden kann. Um das Wasser nicht nur von seinen mechanisch beigemischten, sondern auch von seinen organischen Verunreinigungen zu befreien, dient am zweckmässigsten eine Filtration durch Holzkohle, welche die Eigenschaft hat, riechende, faulende, faulig schmeckende Substanzen mit grosser Kraft den Flüssigkeiten zu entziehen und durch Oxydation zu verändern.

Bei dem Filtriren des Flusswassers im Grossen ist manchmal der Reinigungsprocess sehr unvollkommen. In London liess es sich nachweisen, dass durch solches Trinkwasser Choleraexkremente in die Häuser eingeschleppt wurden, welche die Krankheit weit verbreiteten. Der Stadttheil Londons, den die East-London-Company mit Wasser versorgte,

wurde 1866 vorzugsweise von der Cholera betroffen, und es wurde amtlich constatirt, dass die Gesellschaft in ihre Wasserwerke das Wasser des Leafflusses und eines stagnirenden Aervoirs, ohne es vorher zu filtriren, eingelassen haben. Der Berichtstatter schreibt das heftige Auftreten der Krankheit der Vermischung von Choleradejektionen mit dem Flusswasser zu. Französische Aerzte (LAVERAU und WORMS) sahen aus anderweitig verunreinigtem Wasser (aus lange ungereinigten Bleireservoirs) im Sommer lokale typhusähnliche Epidemien entstehen. Es ist dieses ein Beweis dafür, wie wichtig es ist, überall, wie das alte Rom es that, Quellwasser den Städten zuzuleiten. Für den Kopf bedarf man etwa für den Wasserverbrauch im Hause 25—30 Liter in 24 Stunden  
VON PETTENKOFER.

Man pflegt den Wasserfiltern in ihrem Inhalt, der im Kleinen wie im Grossen aus Schichten von gewaschenem Sand und grösseren Kieseln bestehen kann, auch etwa erbsengrosse Stücke von Kohle beizumischen, welche das filtrirende Wasser zugleich desinficiren. Will man nur den letzteren Zweck erreichen, so benutzt man Filter, welche das Wasser nur durch eine Kohlenschicht laufen lassen, wie sie von London her eingeführt sind.

Nicht nur die Verhältnisse des Wassers, welches wir trinken, sondern auch das im Boden, auf dem wir wohnen und leben, enthaltene Wasser hat Einfluss auf unsere Gesundheit. Auf sumpfigem Boden treten verschiedene Krankheiten besonders stark auf: z. B. Wechselfieber, Malaria. Der Wasserstand im Boden, den man an dem Wasserstand in Brunnenschächten messen kann: Grundwasser (V. PETTENKOFER), ist nicht nur an verschiedenen Orten, sondern auch an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen. Mit diesen Schwankungen steigt und fällt nach PETTENKOFER die Disposition der Bewohner solchen Bodens für gewisse Krankheiten, die man als «Bodenkrankheiten» bezeichnen kann. Vor Allem sind es der Typhus, die Cholera und das Wechselfieber, nach RÖDER auch Ruhr, die in einem solchen Wechselverhältniss zu den Schwankungen des Grundwassers stehen. Für erstere Krankheit behauptet BÜHL, dass bei epidemischem Auftreten derselben das Maximum der Sterblichkeit, also die Höhe der Krankheit mit dem tiefsten Stande des Grundwassers zusammenfällt. Das Wechselfieber zeigt sich bei dem höchsten Grundwasserstand, wenn wir also auf einem uns und unseren Wohnstätten auf wenige Fusse nahegerückten unterirdischen See wohnen.

In Beziehung auf die Cholera sagen, vornehmlich auf PETTENKOFER'S Untersuchungen stützt, GRIESINGER, PETTENKOFER und WUNDERLICH:

Auf die örtliche und zeitliche Disposition haben, nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung, die Durchgängigkeit des Bodens für Wasser und Luft, dessen wechselnder Wasserstand und die Imprägnirung mit organischen, stickstoffhaltigen verwesenden Stoffen den meisten Einfluss. — Ein für Wasser oder Luft nicht oder nur sehr wenig durchgängiger Boden (z. B. compacter Felsboden) zeigt sich für eine epidemische Entwicklung nicht oder nur sehr wenig empfänglich. — Poröser Boden oder auch Felsboden, der sehr zerklüftet ist, und dessen zahlreiche Klüfte bis zu einer grösseren Tiefe hinab mit geschlammter imprägnirter Erde ausgefüllt wird, gewähren einen solchen Schutz nicht. — Wenn eine abnorme Durchdringung der porösen, imprägnirten Bodenschichten vorausgegangen ist, und die Luft daraus längere Zeit hindurch und bis zu einer beträchtlicheren Höhe als gewöhnlich, durch Grundwasser verdrängt war, so begünstigt ein rasches Sinken desselben die epidemische Entwicklung der Cholera an solchen Orten. — Je imprägnirter eine Schicht mit organischen, verwesenden Substanzen ist, desto gefahrbringender wird das Zurückgehen des Grundwassers, falls der Keim der Cholera zu dieser Zeit eingeschleppt wird. — Das Zurückgehen des Grundwassers, das Austrocknen andauernd und stark durchfeuchteter Bodenschichten ist das wichtigste Moment für die Zeit des Auftretens der Choleraepidemien zu sein. — In Thälern, in Mulden, dicht am Fusse von Abhängen (an Steilrändern) wirken diese drei Factoren häufig im ungünstigen Sinne zusammen, diese Terrainform begünstigt namentlich die Bildung, Ansammlung, Stauung und Schwankung von Grundwasser. — Oertlichkeiten auf der Schneide zwischen zwei Mulden, Gegenden zwischen zwei Wasserscheiden zeigen durch-



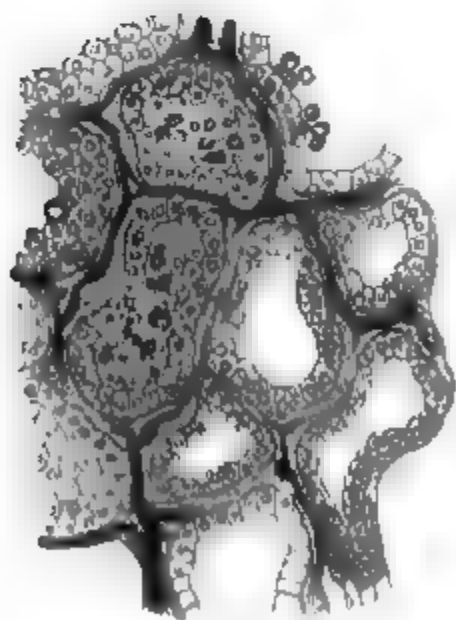
schnittlich eine viel geringere Empfänglichkeit. Es wird für den Arzt leicht sein, den hohen Nutzen, welchen die Bekanntschaft mit diesen Thatsachen für die Gesundheitspflege, Verhütung von Erkrankungen, Wahl des Platzes für Krankenhäuser und Wohnhäuser etc. zu gewähren, im speciellen Falle auch wirklich daraus zu ziehen. (Ueber Grundluft und Ventilation.)

**Chemische Methoden.** — Für den Arzt kann es sehr wünschenswerth sein, den qualitativen und quantitativen Nachweis organischer Stoffe in dem Trinkwasser zu führen. Der qualitative Nachweis wird durch Zusatz einiger Tropfen Goldlösung geführt. Je grösser die Menge der organischen Stoffe im Wasser ist, desto stärker ist der entstehende dunkle Niederschlag. Setzt man einige Tropfen einer rothen Lösung von übermangansaurem Kali oder Natron zu Wasser, das mit organischen Stoffen verunreinigt ist, so verliert sich die schöne rothe Färbung und es entsteht endlich ein brauner Niederschlag.

Die Menge der organischen Stoffe bestimmt man im Wasser nach Woods mit einer solchen Lösung von übermangansaurem Kali. Man wiegt 4 Gramm von dem trocknen Salz ab und lost es zu einem Liter in destillirtem Wasser. Man prüft diese Lösung mit titrirter Oxalsäurelösung 0,68 Gramm in 4 Liter Wasser; 40 cc dieser Oxalsäure werden mit 100 cc Wasser, dem man 2 cc einer starken Lösung von schwefeliger Säure zugesetzt hat, auf 60° C. erhitzt und dann die Lösung des übermangansauren Kalis zugesetzt. Ist die Oxalsäurelösung richtig angefertigt, so müssen gerade 13 cc Manganlösung entfärbt werden. Um mit der so bereiteten und geprüften Lösung die organischen Bestandtheile in Wasser zu bestimmen, misst man von letzterem 1 Liter ab, setzt 2 cc starker schwefeliger Säure zu, erhitzt auf 60° C. und tropft unter fortwährender Bewegung der Flüssigkeit (Schütteln des Glaskolbens oder Rühren in der Porcellanschale) die Manganlösung zu, bis eben die erste Spur einer rothen Färbung auftritt. Verschwindet diese Färbung nach 1/2 Stunde wieder, so setzt man noch ein wenig Manganlösung zu, bis die Färbung 1/2 Stunde unverändert bleibt. Von der verbrauchten Menge sind 0,94 cc abzuziehen, weil so viel zur bemerkbaren Färbung von 1 Liter Wasser erforderlich ist. 4 cc der Manganlösung wird durch 5 Milligramm organische Substanz zerstört, danach die Berechnung. — Meist benutzt man als Maass der Verunreinigung den durch Verdunsten von 100 cc Wasser in einer Porcellanschale im Wasserbade erhaltenen und gewogenen Gesamtrückstand.

### Die Milch.

Fig. 57



Durchschnitt durch die Knäbläschen der Brust einer Amme, mit Blutgefässen.

Wir haben die Betrachtung des Wassers als des unentbehrlichsten Nahrungsmittels für die Erhaltung der Organismen vorangestellt. Wir schließen daran die der Milch an, des Nahrungsmittels auf dessen alleinigen Genuss die Natur den Menschen in seiner ersten Lebensperiode angewiesen hat, die also als natürlicher Typus eines vollkommenen Nahrungsmittels für die erste Lebensperiode betrachtet werden muss.

Die Milch ist das Sekret der Milchdrüse zweier zusammengesetzter, traubiger Drüsen, welche im Wesentlichen mit den übrigen traubig-förmigen Drüsen: Pankreas und Speicheldrüse etc. übereinstimmen (Fig. 57). Nur beim Weib nach vollendetem Puerperium ist ihr Gewebe vollständig ausgereift und functionstüchtig, und besitzt in diesem Zustand kolbig gestaltete Drüsenbläschen, welche an d



den eines dendritisch ramificirten Gangwerks angebracht sind (LANGER). Die 5–20 Ausführungsgänge münden als feine Röhrchen, 2,2–4,3 mm weit, einzeln an der Oberfläche der Brustwarze. Man bezeichnet jeden einzelnen als Milchgang, Ductus lactiferus, der im Warzenhofe je zu einem Säckchen, dem Milchsäckchen, anschwillt, welches mit einem verschmälerten Gange an der Spitze der Brustwarze ausmündet. Die Epithelien dieser Ausführungsgänge stehen aus vieleckigen, rundlichen Zellen, die in den weitesten eine walzenmige Gestalt annehmen. KÖLLIKER findet an den weiteren Canälen eine dünne, feste, bindegewebige Haut, an der er keine Muskelfasern, nur elastische Elemente, nachweisen konnte. Nach LANGER besteht die Wand der Drüsenbläschen aus retikulärem Bindegewebe. Die zelligen, mit Kernen und Fortsätzen versehenen Bestandtheile desselben bilden ein Körbchen, welches den Acinus begrenzt und nach Entfernung des Drüsenepithels sichtbar wird. In den Drüsenbläschen findet LANGER dieses Epithel einschichtig, im Grunde der Bläschen aus einer polyedrigen Zellen bestehend, die gegen den Ausführungsgang zu höher werden und dessen Lumen mitunter sehr verengern. Die Endbläschen vereinigen sich zu kleinen Läppchen, die aber nie (LANGER) zu grösseren, den einzelnen Ausführungsgängen entsprechenden Lappen sich vereinigen. Das Drüsenstroma stellt einen ungetheilten bindegewebigen Körper dar, der sich peripherisch in lockeres Bindegewebe auflöst. Der Drüsenkern steht nur an der Brustwarze mit der Haut in unmittelbarer Verbindung, sonst schiebt sich reichliches Fettgewebe dazwischen, das am Warzenhofe durch eine mächtige Lage glatter Muskelfasern ersetzt ist.

Die Brustwarze besitzt selbst eine grosse Menge glatter Muskelfasern, die ihr die erektile Steifigkeit bei Hautreizen auf die hier sehr zarte Oberhaut theilen. Letztere zeigt sich in ihren tieferen Lagen gefärbt. Im Warzenhofe finden sich grössere Schweiss- und Talgdrüsen, welche oft sichtbare Höckerchen bilden.

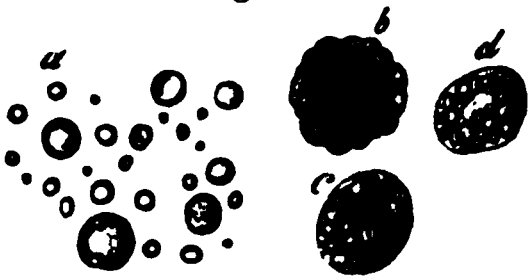
Die Nerven der Haut über den Milchdrüsen und der Drüse selbst stammen beim Menschen von den Supraclavicularnerven und von den Hautästen des zweiten bis vierten oder sechsten Intercostalnerve (über die Innervation des Myoepitheliums cf. unten).

Die Parenchymzweige der Blutgefässe schliessen sich nicht immer genau an die Gänge an und vertheilen sich meist unabhängig von denselben. Die Drüsenläppchen sind von einem reichen Capillarnetz umspinnen, in dessen runden oder eckigen Maschen die Drüsenbläschen eingeschoben sind. Das Capillarnetz jedes Drüsenbläschens stellt ein in sich geschlossenes Ganze dar, das nur durch kleine Arterien und Venen mit dem der benachbarten Läppchen communicirt (LANGER). Die Venen des Warzenhofs anastomosiren ringförmig (Circulus Halleri).

Die vollkommene Thätigkeit der Milchdrüse, die Absonderung der Milch, ist bei dem menschlichen Weibe auf die Zeit nach der Geburt, vom 1. und 4. Tage an, beschränkt. Nur dann ist wie gesagt die Drüse in einem Stadium vollkommener Entwicklung, welche auch mit einer Grössenzunahme der Hilfsorgane, auch der Brustwarze verknüpft ist. Bei dem Manne ist die Drüse im späteren Lebensalter meist ganz verkümmert, doch kann sie in seltenen Fällen auch die Fähigkeit der Milchabsonderung erlangen, wie von aner-

kannten Forschern (A. VON HUMBOLDT u. A.) berichtet wird. In ihrer enthält die weibliche Brustdrüse nur einen zähen Schleim, welchem abgestossene Epithelzellen beigemischt sind. Während der Schwangerschaft beginnen die Epithelzellen der Drüsenbläschen sich zu vergrössern, immer mehr und mehr Fetttröpfchen in sich an, die endlich die Enden der Drüse vollkommen ausfüllen. Dabei bilden sich neue Epithelzellen, schliesslich die älteren mit Fett erfüllten Zellen morphologisch verän-

Fig. 58.



Formelemente der Milch, 350 mal vergr. a Milchkügelchen, b Kolostrumkörper, c d Zellen mit Fettkügelchen aus dem Kolostrum, die eine (d) mit einem Kerne.

gestossen und in die Milchgänge hereingetrieben, aus denen sie sich in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft gemischt mit einer gelblich-schleimigen Flüssigkeit als Kolostrum hervorpressen lassen. Kolostrum ist noch keine wahre Milch. Es zeigt dem Mikroskope die veränderten fetthaltigen Zellen, Kolostrumkörperchen, auch Kolostrumkörperchen aus dem Zellinhalt frei in der Flüssigkeit umherschwimmend (Fig. 58). Nach den Angaben von STRICKER bestehen die Kolostrumkörperchen aus einem kernlosen, contractilem Protoplasma, das die eingeschlossenen Fetttröpfchen aktiv hervorpresst.

Mit dem Saugen des Kindes nimmt die Thätigkeit in den Milchdrüsenbläschen mit einem Male zu. Nach den ersten drei bis vier Tagen des Stillens hat die Drüsenabscheidung den Charakter der reifen Milch angenommen. Die wahrscheinlich fort in den Drüsenbläschen entstehenden fetthaltigen Zellen zerfallen während des Durchganges in den Milchgängen, so dass die Fettkügelchen frei werden und in der Flüssigkeit umherschwimmen, hier und da hängen einige noch fester zusammen, so dass sie an das Bild der Kolostrumkörperchen erinnern. Die Milch kann im Allgemeinen betrachtet werden als eine fettige Metamorphose der Epithelzellen der Milchdrüse. Sie schliesst sich der Bildungsweise der Talgdrüsen an, an welche auch die Entwicklungsgeschichte der Milchdrüse anreicht.

Man könnte nach STRICKER für die Bildung der fertigen Milch ein Auspressen der Fetttröpfchen und Milchflüssigkeit aus dem Protoplasma der Drüsenzellen annehmen, die nun nicht mehr losgestossen werden. Es würde das mit der gegebenen Darstellung der Entstehungsweise der Drüsensekrete zu stimmen. Dafür scheint auch zu sprechen, dass nach LANGER die Drüsen von Wöchnerinnen, die bald nach der Entbindung gestorben sind, nur Milchkügelchen enthalten, welche mitten zwischen den dicht zusammengedrängten Epithelzellen eingelagert sind (cf. Fig. 57). Bei säugenden Tieren finden sich auch in den noch festhaftenden Epithelzellen Fettbläschen. STRICKER beschreibt festsitzende (eingereihte) Epithelzellen mit mehreren kleinen Fetttröpfchen, andere mit einem Kern, der sich halbmondförmig um einen grossen Fetttröpfchen herumgelagert hat. Enthielten diese festsitzenden Zellen Fettbläschen, so lagen diese gegen das Lumen des Drüsenbläschens, der Zelle dagegen gegen die Wand zugekehrt. Die Zelle kann so die Fetteinlage aktiv auspressen, ohne dass sie dadurch zu Grunde gehen müsste.

Mit Entwicklung der Milchsekretion tritt auch bei sonst ganz normalen

Frauen eine grössere oder geringere Temperaturerhöhung: Milchfieber ein, die man von der Stauung der Milch in den Milchcanälen ableiten will (J. SCHRAMM). Bei Entleerung der reichlich angesammelten Milch tritt ein Absinken der Temperatur ein. Mit dem Abgewöhnen des Säuglings kehrt meist wieder Anschwellung der Drüse und damit Temperaturerhöhung zurück.

Die Bildung der Milch wird durch den mechanischen Reiz, den das Saugen des Kindes ausübt, gesteigert. Es scheint sonach dieser Vorgang nicht von der Einwirkung des Nervensystems unabhängig zu sein. Doch ist nach den Experimentalergebnissen ECKHARD's die Milchsekretion von dem Einflusse wenigstens der cerebrospinalen Nerven unbeeinflusst. Nach deren Durchschneidung bei Ziegen geht die Sekretion ungeschwächt fort. Nach demselben Forscher gehen auch mit den Gefässen Nerven zur Drüse, die wahrscheinlich den sympathischen zuzurechnen sind. Auch LANGER fand im Drüsenparenchym Nerven auf, die er bis an die Grenze der Drüsenbläschen verfolgte. Nach RÖHRIG wird das Euter der Ziege innervirt und dessen Absonderung beeinflusst von zwei Ästen des N. spermaticus externus. Alles was den arteriellen Blutdruck im Allgemeinen steigert, steigert bei Ziegen auch die Milchabsonderung, während letztere vermindert wird durch alle Einflüsse, welche den arteriellen Blutdruck im Allgemeinen herabsetzen. RÖHRIG beobachtete auch durch medicamentöse Einwirkungen Beeinflussung der Milchabsonderung: Jaborandi steigert, Chloralhydrat vermindert sie am stärksten.

Die Entleerung der Milch aus der Drüse geschieht nur zum geringsten Theil bei reichlicher Milchbildung durch den Druck des nachrückenden Sekretes selbst, gewöhnlich geschieht sie durch das Saugen des Säuglings, durch Verminderung des Luftdrucks an den Mündungen der Milchgänge, der auch bei künstlicher Entleerung verwendet wird (Milchpumpe). Die beste Milchpumpe sind die Lippen des Menschen. Vielleicht tragen die reichlichen glatten Muskeln der Drüse mit zu der Ausscheidung bei. Zum Theil dienen diese zur Erektion der Brustwarze, auf die nach ECKHARD die oben genannten cerebrospinalen Nerven von Einfluss sind; die Erektionsfähigkeit erlischt mit dem Durchschneiden derselben.

Die während der Sägezeit in 24 Stunden abgesonderte Milchmenge schwankt in ihrer Quantität bei dem menschlichen Weibe sehr bedeutend. Als Durchschnittszahlen kann man etwa 500 — 1500 cc als die Sekretionsgrösse beider Brüste in einem Tage annehmen.

Die reife Milch besteht aus einer Flüssigkeit, dem Milchplasma, und unzähligen in diesem schwimmenden, runden, das Licht stark brechenden Milchkügelchen. Diese charakterisiren sich schon durch ihr Aussehen als aus Fett bestehend, und geben der Milch ihre weisse Farbe und Undurchsichtigkeit. Man nahm früher an (SCHWALBE, BRÜCKE, HOPPE-SEYLER u. A.), dass sie mit einer zarten Eiweisshülle umgeben oder ein Gemisch von Eiweiss und Fetten seien, eine Ansicht, welche gegenwärtig bestritten wird (SOXHLE u. v. A.).

Die Milchflüssigkeit ist eine Lösung einer geringen Menge verschiedener organischer Salze mit einer grösseren Menge Milchzucker, Casein und geringen Mengen von Albumin. Nach TOLMATSCHEFF enthält die Milch auch Lecithin. Unter den Extraktivstoffen fand LEFORT Harnstoff, KOMMAILLE

Kreatin resp. Kreatinin. Ausserdem enthält die Milch Gase: Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff. Die anorganischen Salze bestehen zugsweise aus phosphorsauren Verbindungen von Kali und Ka Die Milch reagirt frisch alkalisch oder neutral, selten schwach sauer. Von fand, dass frische Milch neutrale Lacmuslösung in der Regel schwach röthlich färbt, die Farbe geht aber beim Stehen an der Luft wieder in Blau über. scheint das auf dem Gehalt der Milch an Kohlensäure, welche beim Stehen der Luft entweicht, zu beruhen. Die Zusammensetzung der Milch ist bei verschiedenen Säugethieren zwar quantitativ, aber nicht wesentlich qualitativ verschieden, doch mischen sich der Milch die specifischen, riechenden Stoffe thierischen Hautabsonderung bei, welche sehr wesentliche Unterschiede in Geruch und Geschmack verursachen. Der Geschmack der Milch ist mehr oder minder angenehm süß, was von dem grösseren oder geringeren Gehalt an Milchsucker herrührt.

Die Fette der Milch sind von der Kuhmilch genau untersucht. HEINTZ fand in derselben die Glyceride der Buttersäure, Stearinsäure, Palmitinsäure, Myristinsäure und Oelsäure.

Die flüchtigen Fettsäuren, welche die Analysen der Butter ergeben — nach CHEVREUL Caprin-, Capryl-, Capron- und Buttersäure (Essigsäure, Ameisensäure nach WEIS) — sind wohl nur zum geringen Theil namentlich in der Ziegenmilch als normale Gemischungen zu betrachten, meist sind sie Zersetzungsprodukte, die durch die chemische Analyse oder durch den Process des Ranzigwerdens entstanden sind. Dieser beruht auf einer Oxydation des Glycerins, welches in Acrolein  $C_3H_4O = \text{Acrylaldehyd}$ , welches bei der trocknen Destillation und dem Anbrennen der Fette entsteht und den dabei wahrgenommenen widrigen, stechenden Geruch erzeugt, und Ameisensäure zersetzt wird; Fettsäuren werden ebenfalls höher zu den genannten flüchtigen Säuren oxydirt. Dieser Zersetzungs Vorgang wird durch die Zersetzung der Eiweisskörper der Milch eingeleitet. In dieser Ansicht glauben wir auch aufrecht halten zu dürfen, nach den Beobachtungen von HANSEN nach welchen die Menge der flüchtigen Fettsäuren in den Milchfetten eine sehr konstante

KEHRER fand in den Milchdrüsenzellen säugender Kaninchen öfters zwei Kerne, was auf Zellenvermehrung deutet.

Die Milch entsteht in oder aus den Drüsenzellen der Milchdrüse in der oben angedeuteten Weise. Sie ist nicht sowohl ein Transsudat als eine directe Zellenproduktion, was für das mikroskopisch nachgewiesen erscheint. Der Reichthum an Kalisalzen und Phosphorsäure, der die Milch von allen anderen normalen Sekreten unterscheidet, zeigt, dass sie als ein «verflüssigtes Organ» aufgefasst werden muss. Ueber den Ursprung des Eiweisses Caseins aus dem Eiweiss des Zellenprotoplasma kann kein Zweifel herrschen, daher stammt auch das Lecithin. DAENHARDT schreibt der in der Lactationsperiode befindlichen Milchdrüse ein Casein bildendes Ferment zu, welches aus Eiweisslösungen Casein zu bereiten vermag (J. C. LEHMANN, KEMMERICH). Ueber den Ursprung des Fettes und der Kohlehydrate sind Meinungen noch sehr getheilt. In der letzten Zeit neigt sich eine Reihe von Beobachtern zu der Meinung zu, dass die Fette der Milch wenigstens theilweise aus Albuminaten entstehen, diese Ansicht, die auch für die Fettbildung überhaupt ausgesprochen wird. Die Kohlehydrate scheinen zum Theil mit Transsudation aus dem Blut zusammen zu hängen, da bei reichlichem Zuckergenuss der Zuckergehalt der Milch steigt; doch ist nicht zu vergessen, dass Milchsucker nur in der Milch normaler Weise gefunden wird, er sonach auch ein Produkt der Milchzelle ist. Einige in der Nahrung genossene heterogene Substanzen sollen in die Milch übergehen, z. B. Jodkalium und Bromkalium.

Die praktischen Versuche der Landwirthe haben es mit aller Sicherheit erwiesen,

die Art und Menge der Nahrung Einfluss auf die Menge der Milchabsonderung habe, doch ist dieser Einfluss, solange nur die Thiere keinen Mangel leiden, nicht so gross, als man denken könnte. Schon BECQUEREL behauptete, dass die Menge der Nahrung mehr Einfluss habe als die Qualität. Durch alle bisherigen Beobachtungen ist erwiesen, dass, je mehr Flüssigkeit die Milch-Thiere zu sich nehmen, der Milchertrag um so reicher werde, und zwar ohne dass die Qualität der Milch sich einem etwa vermutheten Wässerigwerden entsprechend verschlechtert, verdünnt zeigte. Es wirkt jede Wasseraufnahme in diesem Sinn, mag sie nun durch wasserreiches Futter: Grünfutter, Schlempe etc. erreicht werden, oder dadurch, dass man den Thieren durch Salz in der Nahrung den Durst zu Wasser steigert (DANCEL). Kühe, welche bei trockener Stallfütterung 40—44 Liter Milch gaben, lieferten dann 44—46 Liter ohne Verschlechterung. Es ist diese Thatsache allen Milchviehbesitzern geläufig. Dadurch gewinnt der reichliche Flüssigkeitsgenuss (Bier) bei stillenden Müttern, Ammen eine hohe Bedeutung auch in ärztlicher, hygieinischer Beziehung.

Nach den Untersuchungen von THOMSON und den unter PFLÜGER's Leitung von SUBOTIN und KEMMERICH gemachten Experimentalbeobachtungen scheint jedoch auch die Qualität der Nahrung nicht ohne Einfluss auf die Milchproduktion. Merkwürdiger Weise kann durch reichlichen Fettgenuss die Milchsekretion (bei Hunden) ganz oder fast ganz unterdrückt werden. Bei Fleischnahrung (N-haltiger Kost) dagegen nimmt im Vergleich mit vegetabilischer Nahrung die Menge der Milch bedeutend zu und der Gehalt an festen Bestandtheilen, namentlich an Fetten, weniger an Casein, ist erhöht. Der Albumingehalt der Milch, der bei der Hündin nicht unbedeutend ist, bleibt dabei ziemlich constant, der Zuckergehalt sinkt etwas.

Nach den älteren Angaben G. KÜHN's haben sehr verschiedene Futterarten bei Kühen nur einen Einfluss auf die Milchmenge und deren Gesamtconcentration, ohne deutliche constante relative Vermehrung oder Verminderung einzelner fester Bestandtheile. Neuerdings ist er jedoch in den Palmkuchen, welche nach LEHMANN sehr reich an Fettsäuren sind, als Futter zur Buttervermehrung aufgefunden.

Andererseits hat man, wie gesagt, aus den Versuchen über die Bildung der Fette in der Milch geschlossen, dass letztere aus Eiweissstoffen hervor gehen (VOIT, FLEISCHER, STOHMANN u. A.) LEHMANN fand bei verhältnissmässig geringem Stickstoffgehalt des Futters bei Ziegen bei starker Vermehrung oder Verminderung des Futtereiweisses ein entsprechendes Ansteigen oder Abfallen des Fettgehaltes der Milch, Schwankungen, die sich bei einem an sich eiweissreichen Futter nicht zeigen. LEHMANN zeigte an Kühen, dass in der Zusammensetzung der Milch individuelle, d. h. Racenunterschiede bei genau gleicher Fütterung und Pflege vorkommen, so dass die einen absolut mehr Butter (Shorthorns), die anderen (Holländer) mehr Eiweissstoff, Milchzucker, Salze liefern. Ähnliches behauptet man, wie es scheint grossen Theils mit Unrecht, von den Menschenracen. Alter und »Constitution« hat bei Frauen keinen constanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Milch. Bei der Menstruation soll die Milch reicher an festen Stoffen werden. HOPPE-SEYLER fand, dass sich in stehender Milch auf Kosten der Albuminate das Fett vermehrte, so dass also auch hier noch ein Uebergang der Albuminate in Fett stattfände. SUBOTIN hat die Fettvermehrung in stehender Milch ebenfalls constatirt, die in 36 Stunden fast 40% der Gesamtfettmenge betragen kann. Nach KEMMERICH geht die Fettbildung aus Albuminaten unter der Mitwirkung von Pilzen nur in frischer Milch vor sich. Gekochte Milch verliert dagegen durch Oxydationsprocesse (HOPPE) beständig Fett. Über Fettbildung im Organismus im Zusammenhang mit der Ernährung folgt weiter unten das Nähere. In der stehenden frischen Milch bildet sich das Albumin in Casein um, ebenso durch Kochen (KEMMERICH).

Die Milchmenge wird durch körperliche Bewegung und andere Veränderungen in den Lebensbedingungen und Sinneseindrücken, z. B. Stallwechsel, vorübergehend oder dauernd beträchtlich vermindert.

Nach PLAYFAIR ist der Fettgehalt der Milch bei reichlicher Stallfütterung und Ruhe



grösser als bei starker Bewegung auf der Weide; das Vieh, welches auf armer Weide umherziehen muss, um sein Futter zu finden, liefert käsestoffreichere Milch.

Die erste Milch, die man im Euter findet, bevor das Kalb gesaugt hat, das Kolostrum ist etwa 5 mal reicher an Käsestoff als die nachfolgende.

Die bei demselben Melken später aus dem Euter gezogene Milch ist nicht unbedingt an Fettgehalt reicher als die ersten Portionen. Nach SCHÜBLER, der 5 Portionen geuntersuchte, stieg der Rahmgehalt von 5 : 8 : 11,5 : 13,5 : 17,5 %. Ähnlich ist es bei den säugenden Weibchen. Die Morgenmilch enthält weit weniger Fett als die Abendmilch. Das Verhältniss ist etwa wie 0,7 : 1,7. Bei Kühen ist die Sommermilch butterreicher als die Wintermilch.

Das Blauwerden der Milch rührt, wie man bisher annahm (FUCHS), von Cyanogenus, die falsche gelbe Farbe derselben von einem ähnlichen organisirten Wesen her. Nach den Untersuchungen von ERDMANN beruht die blaue Farbe auf dem Auftreten von Vibrien, entstanden aus dem Käsestoff der Milch durch Vermittelung von Vibrionen. Bismuth sucht die Ursache in einem Byssus. Nach H. HOFFMANN und FÜRSTENBERG ist die Ursache derselbe Pilz: Penicillium glaucum, welcher in gesunder Milch nur die saure Gährung vorruft. Den besonderen Einfluss suchen sie sonach in der krankhaften (?) Veränderung der Milch selbst. Der Genuss blauer Milch ist für Kinder gesundheitsschädlich mit der Folge von Störungen der Diarrhöen, Abmagerung etc. (F. MOSLER).

Den Untersuchungen von CLEMM, SIMON, HAIDLEN, A. SCHUKOWSKY u. A. zu Folge beträgt die Milch gesunder Frauen im Durchschnitt in 1000 Theilen Milch:

Wasser . . . . .	885,66
Casein und Albumin . . . . .	29,11
Butter . . . . .	35,64
Milchzucker . . . . .	48,14
Salze (und Extractivstoffe) . . . . .	2,42

Mit der Dauer des Säugens verändert sich nach VERNON und BECQUEREL die Zusammensetzung der reifen Frauenmilch. Der Casein- und Buttergehalt steigt bis zum 2. Monat nach der Geburt, bleibt dann bis zum 10. Monat constant und beginnt dann zu sinken; der Buttergehalt sinkt dagegen schon im 5.—6. Monat. Umgekehrt sinkt der Zuckergehalt bis zum 1. Monat, bleibt von da bis zum 8.—10. Monat constant und sinkt dann allmählich ab. STORMANN sah bei Ziegen den Buttergehalt mit der Zeit der Lactation (5 Monate) im Allgemeinen sinken, den Caseingehalt namentlich in der späteren Zeit bedeutend ansteigen.

Die Milch der Säugethiere, welche zur Milchgewinnung verwendet werden, ist quantitativ von verschiedener Zusammensetzung als die der Frauen. Sie enthalten im Allgemeinen im Durchschnitt mehr feste Bestandtheile, unter denen der Zuckergehalt etwas zurückbleibt, während sich ein höherer Gehalt an Butter und Albuminaten zeigt. Die Milch der Stute, Pferde- und Eselstuten ist dagegen der Frauenmilch sehr analog gemischt, sie enthält im Gegensatz zu den anderen Milchsorten mehr Milchzucker.

In 1000 Theilen Milch sind im Durchschnitt

	Albuminate:	Milchzucker:
in der Frauenmilch . . . . .	28,11	48,14
Kuhmilch . . . . .	54,04	40,37
Ziegenmilch . . . . .	46,59	40,04
Schafsmilch . . . . .	38,42	40,98
Eselsmilch . . . . .	20,18	50,00
Stutenmilch . . . . .	16,41	60,00 ?

Unter den anorganischen Bestandtheilen der Milch überwiegen die Kaliumverbindungen bedeutend, überdies findet sich unter ihnen ein ziemlich grosser Theil an phosphorsaurem Kalke. Nach WILDENSTEIN ist die Asche der Frauenmilch quantitativ folgendermassen zusammengesetzt in 100 Theilen:



Chlornatrium . . . . .	10,78
Chlorkalium . . . . .	26,38
Kali . . . . .	21,44
Kalk . . . . .	18,78
Bittererde . . . . .	0,87
Phosphorsäure . . . . .	19,00
phosphorsaures Eisenoxyd . . .	0,21
Schwefelsäure . . . . .	2,64
Kieselerde . . . . .	Spur

**weinemilch** (CAMERON) 6 Tage nach dem Wurf sp. G 1,044. 81,80% Wasser, 5,3 Casein und Eiweiss, 6,07 Milchzucker, 0,88 Salze. Die Milch des Hippo-  
is (GANNING) enthält 90,48% Wasser, 4,54 Fett, 4,4 Milchzucker und Eiweisskörper,  
e.

son hat Milch rinderpestkranker Kühe untersucht. Er fand in 1000 Theilen:  
1,6—14,9; Zucker 16,4—31,4; Casein 50,2; Albumin 20,6; Salze 18,5.

Kuhmilch zeigt eine entsprechend ihrem höheren Eiweissgehalt grössere Phos-  
phormenge bis 29% der Gesamttasche (WEBER). Im Uebrigen ergeben die vorhandenen  
der Milchaschen keine bedeutenden Differenzen.

Milch enthält in ihrer Flüssigkeit stets eine bestimmte Menge der im Organismus  
hellen Gase gelöst, wie sich solche in allen Parenchymssäften vorfinden. F. HOPPE-  
SILVERMAN untersuchte dieselben in der Ziegenmilch; er fand, dass sie der Hauptmenge nach aus  
Kohlensäure bestehen. In einer gelungenen Analyse fand er

in 100 Volum Gas:

Kohlensäure . . . . .	55,45 Vol.
Stickstoff . . . . .	40,56 -
Sauerstoff . . . . .	4,29 -

ERGER fand in einem Versuche:

Kohlensäure, ausgepumpt . . . . .	0,09 Proc.
- durch Phosphorsäure ausgetrieben	7,40 -
Stickstoff . . . . .	0,20 -
Sauerstoff . . . . .	0,80 -

**gleitische Bemerkungen.** — Man hat geglaubt, die Zusammensetzung der Milch als  
Normaltypus aller Nahrungsmittel aufstellen zu müssen. Man glaubte, dass ihr Verhältniss  
zu den Nahrungsstoffen: Albuminate, Fette, Zucker, Salze zu einander die Idealmischung  
sei, welcher sie am besten zur Ernährung des Organismus dienen könnten. Wir werden  
in den Betrachtungen sehen, dass davon keine Rede sein kann, da es überhaupt unmög-  
lich ist, dass eine Nahrungsmittelmischung für alle Körperzustände allein zuträglich sei.  
Es ergibt sich, dass jedes Alter, jede Beschäftigung, jeder Körperzustand seine eigene  
Nahrung verlangt. Doch darf man über diese allgemeine Wahrheit nicht übersehen, dass  
die Milch der Mutter unstreitig für den kindlichen Körperzustand die beste Nahrungs-  
mittel darstellt, welche kaum durch eine andere künstliche vollkommen ersetzt werden

ist hier die Thatsache zu beachten, dass bei dieser Normalkindernahrung Fette und  
Albuminate neben dem Eiweissstoffe sehr reichlich vertreten sind, etwa 10 Theile Albuminate  
auf 1 Theil Fett und 20 Theile Zucker. Wir werden später finden, dass eine solche Nah-  
rung zum Stoffansatz im Organismus sehr tauglich ist, vorzüglich wenn von dem  
weniger Muskelarbeit gefordert wird. Sehr auffallend ist in der Zusammensetzung  
der Milch der hohe Gehalt an phosphorsaurem Kalk, der zum Aufbau des nach der Ge-  
burt erstarkenden Knochengerüsts nothwendig ist. Dieser Stoff ist an das Casein ge-  
bunden. Das Casein selbst ist eine Alkaliverbindung, woher der hohe Gehalt der Milch an

Alkalien rührt. Sie machen das Casein, welches sich im Wasser nur sehr wenig löst, leicht löslich.

Wenn wir von der Milch als dem Normalgemische der Nahrungsstoffe eines kindlichen Organismus gesprochen haben, so bezog sich dieses für den Menschen nur auf die Frauenmilch. Wo diese für die Ernährung des Kindes mangelt, kann dafür die Milch der Hausrinder nicht ohne Weiteres mit dem gleich günstigen Erfolge angewendet werden. Die Milch der Kühen und Ziegen unterscheidet sich quantitativ nicht unbedeutend von der Frauenmilch, namentlich ist sie weit fettreicher und das Casein der Kuhmilch ist weit weniger löslich als das der Frauenmilch. Diese Unterschiede erklären die Erfahrung, dass Kuhmilch von Säuglingen oft nicht vertragen wird. Um sie der Frauenmilch ähnlicher zu machen, muss der gewöhnlich als Ersatz der Muttermilch dienenden Kuhmilch, da sie casein- und butterreicher ist, Wasser zugesetzt werden mit etwas Zucker (Milchzucker), um den geringeren Gehalt an letzterem zu beseitigen. Dasselbe ist für Ziegenmilch, die der Kuhmilch nahe steht, nothwendig.

**Freiwillige Milchveränderungen.** — Die Milch nimmt bei dem Stehen in der Luft Sauerstoff in sich auf und scheidet dafür Kohlensäure aus (Hoppe). Vorzüglich leicht und rasch bei etwas hoher Temperatur wird die Milch, welche frisch meist alkalisch reagiert, sauer. Es bildet sich aus dem Milchzucker durch Umlagerung seiner Elemente Milchsäure, wozu nach Hoppe keine Sauerstoffaufnahme der Milch erforderlich ist. In Folge dieses Auftretens einer freien Säure in der Milch finden nun Zersetzungen in ihren Bestandtheilen statt. Vor Allem wird die Alkaliverbindung des Caseins getrennt, das Casein scheidet sich als eine dicke Gallerte, Käse, ab, welche nach einigem Stehen eine helle, durchsichtige grünlich gefärbte Flüssigkeit, Molken, saure Molken auspresst. Die Milchkügelchen werden von dem geronnenen Casein eingeschlossen. Die Milch gerinnt durch Zusatz von Säure, Essigsäure und Weinsäure lösen aber im Ueberschuss zugesetzt das gefällte Casein. Die Milchgerinnung durch Lab (die getrocknete etc. Schleimhaut des Labmagens des Kalb) erfolgt bei alkalischer Reaction. Heintz und A. Schmidt nehmen ein Ferment in der Labmagenschleimhaut an, welches das Casein in wenigstens 2 verschiedene Eiweisskörper spalten soll: Käse, der herausfällt, und das gelöst bleibende Molken-eiweiss (Hansen). Der durch Lab gefällte Käse soll von dem freiwillig (durch Milchsäure etc.) ausgeschiedenen Casein verschieden sein, namentlich Lösungsmitteln und dem Magensaft gegenüber. Die durch Lab geronnene Milch liefert süsse Molken. Wir wissen, dass organische Zersetzung bei einer Temperatur von 4000 C. stillstehen und für längere oder kürzere Zeit unterbrochen werden kann. So erklärt sich der Erfolg des Absiedens der Milch, welches diese auch im Sommer für längere Zeit vor dem Sauerwerden schützt, wenn man das Erhitzen wenigstens einmal in 24 Stunden wiederholt. Auch eine niedrige Temperatur wirkt in demselben Sinne. An Stelle des früher angewendeten hermetischen Verschlusses von gekochter Milch in Blechbüchsen, wodurch man für Seereisen die Milch konserviren suchte, hat man nun ein Eindicken der frischen Milch durch das Vacuum gelernt. Zusatz von Zucker als das beste Mittel zur Erhaltung der frischen Milch kennen gelernt. »kondensirte Schweizermilch« sowie die Produkte der Anglo-Swiss Condensed Co. in Chamm (E. Wein) entsprechen allen Anforderungen und werden für Kinderernährung, Truppen etc. vielfach mit bestem Erfolg verwendet. Man löst für kleine Kinder 1 Kaffee in 1 Schoppen kalten Wassers und kocht dann die Lösung. Man hat beobachtet, dass Milch in Zinkgefässen längere Zeit, ohne sauer zu werden, gehalten werden kann. Es beruht dieses auf einer chemischen Verbindung von Milchsäure mit dem Zink. Es erklärt sich aus ihrem Vorhandensein in der Milch die Vergiftungssymptome, welche manchmal schon nach Milchgenuss auftreten oder nach Genuss von Speisen, zu deren Bereitung Milch verwendet wurde, welche längere Zeit in Zinkgefässen gestanden hatte, wie sie von Zuckerbäckern hierher da benutzt werden. Die Gerinnung der Milch wird auch durch einen sehr geringen Zusatz von doppelt kohlensaurem Natron verzögert, wozu schon  $\frac{1}{1000}$  genügt. I

Zusatz ist der Gesundheit vollkommen unschädlich und verändert den Geschmack der Milch nicht merklich.  $\frac{1}{5000}$  Salicylsäure hält trotz Sommertemperatur die Milch 8 Tage lang frisch. Sommerwärme beschleunigt die Milchgerinnung.

**Milchverfälschung, giftige Milch, Milchanalysen.** — Die Milch wird in grossen Städten, wo ihr Preis sehr hoch ist, Gegenstand vielfältiger Verfälschungen. Die gewöhnlichste ist Wasserzusatz, manchmal bis zur Hälfte. In Paris war schon vor der Belagerung das, was als gewöhnliche Milch verkauft wurde, abgerahmte Milch mit einem Zusatz von  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{3}$  bis zur Hälfte Wasser. Rahm ist dort die Milch in natürlichem Zustande. Weitere Zusätze zu verdünnter Milch werden dazu gemacht, um sie wieder dickflüssiger zu machen. Mehl, Stärke, Eigelb, Hanfsamenemulsion sind zu leicht an ihrem Verhalten zu erkennen, als dass sie in grösserem Maasse in Anwendung gebracht werden könnten. Dagegen sollen zu diesem Zwecke Reiswasser, Kleien und Gummiwasser vielfältiger verwendet werden. Noch eine andere, originelle Fälschung erwähnt KNAPP; sie besteht in Beimischung von feinzerriebenen, von seinen Häuten befreitem Hammelgehirn, wodurch der Milch scheinbar ein hoher Rahmgehalt ertheilt wird. Das Mikroskop gibt über diese Verfälschungen sogleich Aufschluss, indem es die Stärkekörnchen, die zerquetschten Nervenfasern etc. nachweist.

Die städtischen Milchkuranstalten (V. CNYRIM) unter Leitung von Aerzten bürgen gegen Verfälschungen.

Heftige Gemüthsaffecte sollen bei Frauen einen Einfluss auf die Milchabsonderung haben, so dass die Milch dem Säugling schädlich, ja tödtlich werden könne.

Nach M. W. TAYLOR und E. BALLARD kann das Typhuscontagium durch Milch verschleppt werden. Die Milch stand bei diesen Beobachtungen in einem Typhuskrankenstimmer; das Weib, welches Typhuskranke pflegte, hatte die Kühe gemolken. In 7 Familien, in einem zweiten Fall in 67 Häusern, welche zur Kundschaft der betreffenden Milchwirthschaft gehörten, brach Typhus aus. Auch für das Scharlachcontagium behaupten sie das Gleiche.

Die Milch kranker Kühe ist gesundheitsgefährlich. A. C. GERLACH hat gezeigt, dass durch Fütterung mit Milch perlsüchtiger Kühe diese Krankheit auf verschiedene Thiere, also auch wohl auf den Menschen übertragen werden kann. Die Perlsucht ist dem Wesen nach mit Tuberkulose identisch. Für die Kinderernährung ist das um so bedenklicher, da in den städtischen Milchwirthschaften oft 50% der Kühe perlsüchtig sind; das Abkochen vermindert die Gefahr.

Zur Erkennung des Wasserzusatzes dienen die Milchproben. Zur Bestimmung des Rahmgehalts dient das Cremometer von DIXONCOURT und QUEVENNE: eine 14 cm hohe Bohre mit Fuss und Gradeintheilung, in welcher man die frische Milch 24 Stunden kühl stehen lässt. Gute Milch soll 10 Volumprocente Rahm aufwerfen. Die von DONNÉ angegebene optische Methode nimmt die Menge des in der Milch enthaltenen Fettes zum Anhaltspunkt; er bestimmte, welche Dicke die Milchsicht haben müsse, bei der eben das Licht einer hinter ihr befindlichen Kerzenflamme nicht wahrgenommen wird. Diejenige Milchsorte enthält am wenigsten von dem undurchsichtigen Fett, von welcher man die dickste Schicht einschalten muss. ALF. VOGEL hat diese Methode dahin abgeändert, dass er bestimmte, wie viel er Milch zu 100<sup>cc</sup> Wasser zusetzen musste, um eine Flüssigkeitsschicht von 0,5 cm Dicke (in einem Glaskästchen) eben undurchsichtig zu machen. Nach HOPPE-SEYLER gewinnt die Bestimmung an Sicherheit durch das umgekehrte Verfahren. Er benutzt ein Glaskästchen, dessen Gläser 1 cm von einander abstehen. Zu 1<sup>cc</sup> Milch setzt er nun aus einer Bürette so lange Wasser zu, bis das Licht einer etwa 4 Meter entfernten Kerze eben durchschimmert, wenn er das Glaskästchen bei ziemlich finsternem Zimmer ganz dicht vors Auge hält. Nach VOGEL braucht man bei 0,25 cm Schichtdicke für 100<sup>cc</sup> Wasser 3,7<sup>cc</sup> unverfälschter Milch, also für 5<sup>cc</sup> Milch 185<sup>cc</sup> Wasser, nach HOPPE muss man zu 1<sup>cc</sup> guter Kuhmilch 70—85<sup>cc</sup> Wasser setzen, um bei 1 cm Schichtdicke eine Kerzenflamme eben sichtbar werden zu lassen, zu abgeblasener bedarf es oft nur 18—20<sup>cc</sup> Wasser.

Der Werth der Milch beruht aber gleichzeitig auf ihrem Gehalt an aufgelösten Substanzen besonders Käsestoff, nicht nur auf dem an Buttertheilchen. Der Gehalt der ersten Art offen-

bart sich durch das specifische Gewicht, welches grösser ist bei reicher Milch und umgekehrt; das specifische Gewicht schwankt normal zwischen 1000—1014. Nimmt man das der Senkwage gemessene specifische Gewicht als Maassstab der Güte, so irrt man nur leicht, weil die Butter die Aräometergrade hinab-, der Käsestoff aber dieselben hinaufdrückt. Es kann also eine Milch käsereich erscheinen, während sie in Wahrheit nur butterarm ist.

**Künstliche Milchveränderungen zu Nahrungsmitteln.** — Die Milch wird nicht als Ganzes zur Nahrung verwendet. Man benutzt von jeher auch einzelne von den in ihr enthaltenen Stoffen für sich. Vor Allem ist hier die Butter zu nennen, die sich als Rahm bei längerem Stehen von der Milch absetzt und durch Schlagen und Schütteln — Buttern — vollkommen abgeschieden werden kann. Die Butter enthält stets auch nach sorgfältigem Auswaschen noch Bestandtheile der Milch in sich, welche ihr frisch den eigenthümlich angenehmen Geschmack, aber auch den Fehler ertheilen, sehr leicht ranzig zu werden. Man vermeidet diese Zersetzung, welche die Butter ungeniessbar macht, entweder durch Einsalzen, wodurch der Käsestoff wie die anderen Albuminate die Fähigkeit sich zu zersetzen in hohem Grade verlieren, oder dadurch, dass man den Käsestoff ganz entfernt, was durch Schmelzen der Fette — Schmalzbereitung — geschieht, wobei der geronnene Käsestoff als eine graue schaumige Masse — Butterschaum — auf der Oberfläche sich ansammelt und abgeschöpft werden kann. Die frische Butter enthält nach meinen Bestimmungen bis zu 1,5 % Käsestoff und oft mehr als 20 % Wasser. Die von der Butterbereitung zurückbleibende Buttermilch besitzt noch eine grosse Menge der Nahrungsstoffe der Milch, fast allen Käsestoff, Zucker und vor Allem die wichtigen Nährsalze, auch das Fett fehlt nicht ganz. Sie ist also noch immerhin ein schätzendes Nahrungsmittel. Sie soll etwas Buttersäure enthalten.

Auch das Casein wird von der Gesamtmilch getrennt, um als Nahrungstoff leicht aufgehoben werden zu können. Doch wird bei der Käsebereitung meist mit dem durch Lab (Kälbermagen, getrocknet oder geräuchert) gefällten Casein gleichzeitig das Fett der Milch abgeschieden. Man glaubt dabei an eine specifische fermentartige Wirkung des Lab auf das Casein (W. HEINTZ). Der Käse wird stark gesalzen längere Zeit aufbewahrt, bis er gereift ist, d. h. bis der Käsestoff seine Löslichkeit in Wasser wieder erhalten hat, die er durch das Lab verloren hatte. Es scheint, dass dieses darauf beruht, dass sich das Natrium des Kochsalzes mit dem Käsestoff verbunden hat zu Natriumalbuminat, dem die Eigenschaft der Löslichkeit in Wasser zukommt, so dass der Käsestoff durch das Reifen wieder in den Zustand übergeführt wird, wie er ihn in der frischen Milch besitzt. Zieht man die Butter

in Brustdrüsensekret neugeborener Kinder mikroskopisch: Milchkörperchen und Colostrumkörperchen, chemisch: Casein 5,57, Albumin 4,90, Milchzucker 9,56, Butter 14,56, Salze 1,36. Summe der festen Bestandtheile 42,95, Wasser 957,05. Bei beiden Geschlechtern bildet sich die Drüse bis zu den Pubertätsjahren langsam durch Ausbildung der (späteren) Ausführungsgänge weiter aus, dann beginnt ein rascheres Wachsthum, das bei männlichen Individuen meist von einer Rückbildung gefolgt ist, während es bei Mädchen zur vollkommenen Ausbildung der Drüse führt. Die eigentlichen Drüsenbläschen finden sich bei schlechtsreifen Mädchen. Die Gänge sind dann schon wegsam, die Bläschen aber sind mit allen noch solid ausgefüllt. Alle Elemente sind klein, weiter von einander abstehend. Wie an anderer Stelle schon angedeutet, lässt sich der Bildungsgang der Drüse als eine stetig fortschreitende Knospung bezeichnen, die auf einer Wucherung der Epithelien in die Tiefe des Gewebes beruht. Die vollkommene Entwicklung zeigt die Drüse nur während der Ausübung des Saugegeschäfts, mit Aussetzen desselben scheint sogleich die Involution der Drüse zu beginnen; sie tritt wieder in den oben geschilderten Ruhezustand ein, die Drüsenbläschen werden klein, enthalten keine Fetttröpfchen mehr, doch bleibt das gewonnene Lumen der Gänge in die Endbläschen hinein wegsam. Mitunter nehmen bei kräftigen Frauen nach dem Peripetium die Drüsenbläschen fast ganz die jungfräulichen Formen wieder an. Der Schwund der Drüse, der bei dem männlichen Geschlecht sehr bald eintritt, erfolgt bei dem Weibe in den klimakterischen Jahren. Das Stroma der Drüse schwindet, der Drüsenkörper wird zu einer häutigen Scheibe, in der sich nur die Gänge nicht verengert erhalten; die Enden blind. Alles wird dünnwandig und kollabirt (LANGER). Ueber Milch bei Männern und Bockmilch vgl. oben.

**Zur vergleichenden Anatomie der Milchdrüse.** — Die Entwicklungsgeschichte stellt die Milchdrüse an die Hautdrüsen an; bei den in gewissem Sinne niedersten Säugethieren, den Monotremen (Schnabelthieren), unterscheiden sie sich von diesen noch wenig. Ihre beiden Milchdrüsen bilden eine Gruppe von Schläuchen, die einzeln ohne Zitze die Haut durchsetzen, die an diesen Stellen haarlos, aber nicht hervorgewölbt ist. Das Sekret wird auf die Oberfläche des Drüsenfeldes ergossen, wo es das Junge saugt. Bei den übrigen Säugethieren finden sich die Drüsenmündungen auf Zitzen, die bei dem Saugen von dem Munde des Jungen umfasst werden. Zu jeder Zitze gehörte ein eigener Drüsencomplex meist mit einer grösseren Auswahl gesonderter Ausführungsgänge. Die Zahl der Zitzen entspricht im Allgemeinen dem Maximum der gleichzeitig fallenden Jungen. Die Zahl schwankt zwischen 2—12. Bei den Raubthieren, Insectivoren und Nagern liegen 4—12 in zwei Reihen in der Brustgegend bis zur Brustregion. Aehnlich bei den Schweinen. Bei einigen Beutelthieren liegen sie in Kreisform angeordnet am Bauche. Andere Beutelthiere und, wie schon erwähnt, die Monotremen haben zwei Milchdrüsen am Bauche. Bei Pferden, Wiederkäuern und Waldfischen liegen sie in der Weichengegend. Bei Elephanten, Sirenen (Seekühe), Bradypus (Faullöthier), Fledermäusen und Affen liegen sie wie bei dem Menschen an der Brust. Bei Halbaffen kommen 2—4 Milchdrüsen vor, die in der Lage verschieden sind. Die Zahl der Milchgänge in einer Zitze ist bei den Affen noch grösser als beim Menschen. Raubthiere haben 5—10 Öffnungen, Pferde zwei, Schweine, Wiederkäuer und Walfische nur einen, sinusartig erweitert. — Bei den Beutelthieren (Marsupialia) umschliesst eine muskulöse Hautduplikatur die zitzentragende Bauchfläche. Dieses Marsupium dient zur Aufnahme der neugeborenen Jungen, die bei der Geburt noch wenig gereift sind. Ueber die Kropfmilch der Tauben cf. Cap. VII.

## Das Fleisch.

Die Milch ist nicht das einzige vollkommene Nahrungsmittel animaler Organismen, welches die Natur selbst zubereitet. Sie bietet den thierischen Organismen noch eine Anzahl anderer Nahrungsmittel dar, welche zur Ernäh-



nung vollkommen ausreichen: das Fleisch und die vegetabilischen Stoffe, welche letztere die Nahrung der Pflanzenfresser ausmachen, und welche theils in grünen Pflanzentheilen, theils in Samen und Wurzeln enthalten sind. Wir müssen annehmen, dass das Fleisch der Pflanzenfresser, von dem sich das Raubthier nährt, vollkommen den Bedürfnissen des Letzteren entspricht. Es ist die Thatsache um so leichter verständlich, weil die thierischen Körperstoffe direct aus einem Organismus in den anderen herüberwandern, und man sich vorstellen kann, dass die Stoffe nach ihrer neuen Aneignung von Seite des Fleischfressers in seinem Organismus direct dieselben Wirkungen werden entfalten können, zu denen sie in dem Leibe des Pflanzenfressers schon geführt haben. Auch die Pflanzenstoffe, von denen sich die Pflanzenfresser nähren, müssen als vollkommene Nahrungsgemische angesehen werden, da sie die Ernährung jener Organismen ohne weiteren Zusatz als Trinkwasser zu besorgen vermögen. Der Mensch mischt seine Nahrung aus den Stoffen, auf welche die Natur die beiden grossen, letztgenannten Thiergruppen angewiesen hat.

Das Muskelfleisch zeichnet sich durch seinen Reichthum an Eiweissstoffen, Glutin, Fetten, Glycogen, Kreatin, Kreatinin und anderen Extractivstoffen, Phosphorsäure und Kali vor anderen Nahrungsmitteln aus. Es eignet sich durch die Leichtigkeit, mit der es bei der Verdauung aufgenommen wird, vor Allem für die Ernährung solcher animaler Organismen, die wie die Fleischfresser verhältnissmässig kleine Verdauungsorgane haben, und die vegetabilische Nahrung, welche eine weit grössere Verdauungsarbeit erfordert, nicht auszunützen vermögen. Im Fleisch geniessen wir auch reichlich Wasser, da es frisch zu 75% aus Wasser besteht.

Das Fleisch, welches in den Haushaltungen zur Nahrung benutzt wird, ist nicht reine Muskelfaser, sondern ist stets, abgesehen von dem groberen zarteren Bindegewebe, von dem es durchzogen wird, mit mehr oder weniger Fett umgeben und durchwachsen. In diesen beiden letzteren Beziehungen unterscheidet sich das Fleisch der verschiedenen Thierarten sehr wesentlich, während es in chemischer Zusammensetzung seiner Fleischfaser kaum merkliche Unterschiede erkennen lässt. Die Verschiedenheiten, welche die Fleischsorten dem Geschmacke darbieten, beruhen einerseits auf noch nicht näher bekannten flüchtigen Stoffen, welche theils mit den Hautsekreten dieser Thiere Aehnlichkeit zeigen, theils sich bei der Erhitzung des Fleischsaftes vielleicht erzeugen, andererseits auf der verschiedenen Mischung des Fettes, das nach den Thierspecies verschieden zusammengesetzt zeigt, bald mehr flüchtig, bald mehr fest ist. Noch in den Muskeln verhungelter Thiere finden sich 2 — 3% Fett.

Die nähere chemische Zusammensetzung der Muskelfaser findet bei Besprechung der Muskelphysiologie ihre Stelle.

**Fleisch verschiedener Wirbelthiere.** — Nach BIRX liefern 100 Theile getrocknete Muskelsubstanz, aus der zuvor alles sichtbare Fett abgetrennt war, folgende Mengen Säugethiere Oberschenkelmuskeln: Mensch 7 — 15 Roh 7.3 Hase 10.8 Ochs 11.8 Kalb 10.4 Schaf 9.8 — Vogel Brustmuskeln: wilde Gans 2.8 wilde 12.5 Truthahn 12.1 Huhn 2 — 3.

Auch in anderen Beziehungen zeigt sich das Fleisch verschieden zusammengesetzt, aus den zahlreichen Analysen besonders von SCHLOSSERKITA und BIRX hervorgeht. Von Angaben des Letzteren stelle ich einige in folgender Tabelle zusammen.



Fleisch verschiedener Thiere:

10 Theilen:	Mensch:	Ochs:	Kalb:	Reh:	Schwein:	Huhn:	Karpfen:
r . . . . .	744,5	776,0	780,6	746,8	788,0	778	797,8
stoffe: . . . .	255,5	224,0	219,4	253,7	217,0	227	202,2
es Albumin	49,3	49,9	42,9	49,4	24,0	80	28,5
stoff . . . . }							
. . . . .	20,7	19,8	44,2	5,0	8,0	12	—
eistextrakt .	37,1	30,0	42,9	47,5	17,0	14	34,7
. . . . .	28,0			18,0			11,4
che Eiweiss-	455,4	454,8	449,4	468,4	468,4	465	418,4
z, Gefässe etc. }							

tteres Fleisch enthält weniger Wasser als mageres. PETERSEN gibt als Mittel für den  
 ergehalt verschiedener Fleischsorten an 76,2. Kalbfleisch 79,29; (fetteres)  
 ineifleisch 71,98. Der Stickstoffgehalt des frischen Fleisches beträgt nach  
 03 bis 3,640/0, des trockenen 41,88 bis 45,07. Mit dem Fettgehalt nimmt der Stick-  
 halt ab, nach SCHENK schwankt er mit dem Gehalt an gröberem Bindegewebe. Das  
 entum nuchae des Pferdes enthält 60/0 (5,980/0) Stickstoff. Fascien, Periost etc.  
 nken frisch im Stickstoffgehalt zwischen 4,85 bis 5,70/0. Stark bindegewebehaltiges  
 i enthält frisch 3,76 bis 3,920/0 Stickstoff. Vorr nimmt für Pferde- und Hundefleisch im  
 3,40/0 Stickstoff an. Der Stickstoffgehalt schwankt sonach aus 3 Ursachen: dem wech-  
 n Gehalt an Wasser, Fett und Bindegewebe.

i Beziehung auf die Extraktmenge, die so wesentlich zum Wohlgeschmack bei-  
 de Stoffe in sich birgt, haben die älteren Untersuchungen ergeben, dass sie bei wilden  
 n im Allgemeinen bedeutender ist als bei zahmen derselben Gattung. Die Muskeln,  
 e im Leben angestrongter waren, liefern auch mehr Extrakte (J. RANKE). Die bei der  
 i des Muskels auftretende Säure (Fleischmilchsäure) scheint das Fleisch wohlschmecken-  
 nd mürber zu machen. Dasselbe erreicht man auf natürlichem Wege durch Liegen- oder  
 nlassen des Fleisches, wobei es von selbst stark sauer wird, oder durch künstliche  
 ung durch Einlegen in Essig. Die Extraktmengen im Fleische sind aber im Ganzen  
 ; verschieden; nach BIBRA: Gesamtextrakt: Mensch 30/0; Reh 40/0; Taube 30/0;  
 40/0; Schwalbe 70/0.

n der Fleischasche überwiegen, wie in der Milch, die Kalisalze die Natron-  
 : sehr bedeutend, nach LIEBIG und HENNEBERG kommen auf 1000 Theile Kali: im  
 h vom Huhn 381, Ochsen 279, Pferd 285, Fuchs 214, Hecht 497 Natron.

nach den Untersuchungen der Salze des Ochsenfleisches durch STÖLZEL findet sich unter  
 i kein Natron:

Asche des gesammten Fleisches

	Pferd: (WEBER)	Kalb: (STAFFEL)	Ochs: . (STÖLZEL)	Schwein: (ECHEVARRIA)
Kali . . . . .	39,40	34,40	35,94	35,88
Natron . . . .	4,86	2,35	0	4,31
Chlorkalium . .	0	0	10,22	0
Chlornatrium .	1,47	10,59	0	Chlor 0,59
Magnesia . . .	3,88	1,45	3,31	4,56
Kalk . . . . .	1,80	1,99	1,73	7,15
Eisenoxyd . . .	1,00	0,27	0,98	0,33
Phosphorsäure	6,74	48,13	34,36	42,16
Schwefelsäure	0,30	0,81	2,07	0
Kieselsäure . .	0	0	8,02	0
Kohlensäure . .	0	0	8,02	0

Die Gesamtmenge an Asche ist bei den Menschen und Säugethieren etwa 40/0, bei Vögeln 50/0.

**Hygienische Betrachtungen.** — **Fleischzubereitung.** **LIEBIG**, dem wir die führliche Erforschung des Fleisches in chemischer Beziehung verdanken, hat auch Geset die Fleischzubereitung als Nahrungsmittel aufgestellt. Es ist eine bekannte Erfahrung rohes Fleisch im Allgemeinen weniger leicht verdaulich ist, als durch Zubereitung (Er verändert). Zum Theil beruht dieser Unterschied darauf, dass rohe Fleischstückchen Magensaft weniger leicht gelöst werden können als gekochte oder gebratene. Dieser Unterschied, der schon bei linsengrossen Stücken ersichtlich wird, fällt dagegen weg, wenn Fleisch geschabt ist. Der Haupteinfluss, den die Zubereitung des Fleisches ausübt, findet das Bindegewebe desselben statt. Das Bindegewebe wird in Leim umgewandelt. Die Säure, die sich bei dem Liegen des rohen Fleisches entwickelt, wirkt bei diesem Umwungsprocess mit, da bei freier Säure schon bei 600 C. das Bindegewebe in Leim über. Daher wird das Fleisch, womöglich erst einige Zeit nach dem Schlachten, wenn es möglichst viel Säure enthält, zum Genuss zubereitet. In demselben Sinne wirkt Essig. Die Säureentwicklung (Fleischmilchsäure) im frisch geschlachteten Fleisch durch Erwärmen desselben auf etwa 40 C. sehr beschleunigt werden durch frischgeschlachtetes Fleisch für den Genuss wesentlich zuträglicher wird, was besonders für die Ernährung der Truppen im Felde von Wichtigkeit ist. Auch Zerhacken und starkes Klopfen (weniger) beschleunigt die Säureentwicklung im frischen Fleische. Erhitzung der Fleischfaser selbst auf 600—700, wie sie bei dem Braten grösserer Fleisch eintritt, macht dieselben leichter verdaulich, leichter in Magensaft löslich, eine Erh über 750—1000 macht die Faser dagegen hornartig fest, weniger verdaulich. Bei hohen Temperaturgraden verflüssigen sich die Eiweisskörper in Peptone (cf. Magenverdauung).

Die Fleischzubereitung, um dasselbe als Nahrungsmittel für den Menschen leicht und schmackhaft zu machen, geschieht eigentlich nur auf dreierlei Wegen: es gebraten, gekocht und gedämpft. Durch diese verschiedenen Zubereitungsweisen wird Fleisch in verschiedener Art chemisch verändert.

Durch das Kochen in Wasser werden dem Fleische seine in heissem Wasser löslichen Bestandtheile entzogen; diese gehen in die Fleischbrühe über, welche ihnen eigenthümlichen Geschmack und ihre belebende Wirkung als Genussmittel verdankt. Das Fleisch langsam erwärmt, so löst sich ein nicht unbeträchtlicher Theil von Eiweissstanzen aus dem Muskelsafte auf, welcher bei Steigerung der Temperatur gerinnt und eine graue, schaumige Masse, Fleischschaum, abgeschöpft wird und damit für die Ernährung verloren geht. Unter den Stoffen, welche aus dem Fleische beim Kochen ausgelaugt werden, stehen die Fleischsalze obenan, welche fast alle in die Fleischbrühe übergehen. Im Fleisch bleiben hauptsächlich nur die phosphorsauren Erden zurück. Nach den Analysen von **LIEBIG** findet sich die Asche des Ochsenfleisches in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

Phosphorsäure . . . . .	36,60
Kali . . . . .	40,20
Erden und Eisenoxyd . . . . .	5,69
Schwefelsäure . . . . .	2,95
Chlorkalium . . . . .	14,81.

Von diesen Salzen gehen bei längerem Kochen 82,270/0 in die Fleischbrühe.

Im Fleische bleiben nur:

Phosphorsäure . . . . .	40,36
Kali . . . . .	4,78
Erden und Eisen . . . . .	2,54.

Im Ganzen etwa 180/0 der ursprünglich im Fleisch enthaltenen Salze. Eine Verbesserung dadurch ein, wenn das Wasser, worin das Fleisch siedet, kalkhaltig ist. Es wird dann die ausgelaugte Phosphorsäure als phosphorsaurer Kalk wieder auf das Fleisch niedergeschlagen.

Bei der gewöhnlichen Art des Fleischsiedens tritt der Auslaugungsprocess nicht vollkommen in dem Maasse ein, wie man es vielleicht aus dem bisher Gesagten entnehmen könnte. Sobald die Temperatur des Fleisches bis zum Punkte der Gerinnung des Eiweisses gesteigert ist, bildet dieses einen Verschluss gegen das Eindringen des Wassers von Aussen her und das Austreten von Fleischflüssigkeit. Der Auslaugungsprocess erstreckt sich also nur auf eine geringere Tiefe, wenn das Sieden des Fleisches nicht allzu langsam vorgenommen wird.

Wenn wir das Fleisch fein wie zur Wurstbereitung zerhacken und mit viel Wasser kalt auslaugen, so erhalten wir in die Fleischbrühe fast alle löslichen Stoffe des Fleisches. Nach LANGE lösen sich von 1000 Theilen Ochsenfleisch 60 Theile auf, und zwar 29,5 Theile Albumin und 30,5 lösliche Salze und Extraktivstoffe, welche letztere allein in die heisse Fleischbrühe übergehen. Vom Hühnerfleiſche lösen sich 33,0. Im allergünstigsten Falle könnte also das heisse Wasser aus dem Ochsenfleiſche nur 30% aufnehmen, welche bei der heiss bereiteten Fleischbrühe noch durch eine geringe Menge obenauf schwimmendes Fett und Leim vermehrt werden würde, welcher letzterer aus der Umwandlung des Bindegewebes — der leimgebenden Substanzen — hervorgeht. Je jünger das Thier ist, desto weniger hat noch die Veränderung des Bindegewebes in elastisches Gewebe, das durch Kochen nicht mehr in Leim übergeführt werden kann, Platz gegriffen; um so leimreicher wird also die Fleischbrühe sein. 1000 Theile ausgelaugtes Ochsenfleisch geben 6, Kalbfleisch 47,5 Theile trockenen Leim.

Bei dem Sieden verliert das Fleisch durch Wasserabgabe sehr bedeutend an Gewicht, viel mehr als der Verlust der aufgelösten Stoffe beträgt, Ochsenfleisch verliert 45, Hammelfleisch 40, Hühnerfleisch 43,5 Procent. Wenn wir Fleisch in Dampf erhitzen, so sehen wir es sehr bald sich mit Flüssigkeit beschlagen, welche sich bei der Untersuchung als Fleischflüssigkeit herausstellt. Es erinnert diese Beobachtung an die von G. v. LIEBIG beobachtete Ausscheidung von Muskelflüssigkeit, wenn sich der Muskel längere Zeit in einer Kohlensäure-Atmosphäre befindet: Die todte Muskelmembran — Sarkolemma — verliert die Fähigkeit, ihren flüssigen Inhalt zurückzuhalten. Ein Pfund gekochtes Fleisch enthält also, abgesehen von dem Verluste an löslichen Stoffen, da es wasserärmer ist, weit mehr nährende Bestandtheile als ein Pfund rohes Fleisch.

Bringt man das Fleisch direct in siedendes Wasser und lässt es darin einigemale aufwallen, so erhält man eine sehr schwache, wenig schmackhafte Fleischbrühe, denn die löslichen Fleischstoffe bleiben fast alle, durch die rasch entstandene Eiweisschülle geschützt, in dem Fleische zurück. Der Process des Bratens ist dem eben geschilderten ganz analog. Das Fleisch wird in Fett erhitzt, durch dessen hohe Temperatur sich sehr rasch eine für die Flüssigkeit des Fleisches undurchdringliche Hülle bildet, welche durch das eindringende Fett für die wässrige Flüssigkeit noch unwegsamer wird. Dadurch wird der Saft sehr vollständig zurückgehalten, so dass das Fleisch saftig und zart bleibt. Beinahe ebenso wenig wie wir durch langes Sieden ein Ei weich bekommen, ist dieses bei dem Fleische möglich. Durch die Siedehitze wird, wie oben angeführt, die Fleischfaser nach und nach fest und hart, schliesslich hornartig. Um Fleisch saftig gar zu bekommen, muss es einige Zeit auf einer Temperatur von 60° — 70° erhalten werden. Bei grossen Fleischstücken regulirt sich die Temperatur von selbst. Wir beobachteten, dass ein eingestecktes Thermometer nicht über 70° im Innern des Stückes selbst bei längerem Braten oder Kochen steigt. Ein sichtbares Zeichen davon ist die noch blutige Färbung des Fleischsaftes im Innern grosser Fleischstücke, welche beweist, dass die Hitze nicht auf 70° gestiegen ist, da schon bei 70° die Gerinnung des Blutalbumins und Farbstoffs vollkommen ist. — Bei dem Dämpfen des Fleisches, dem Kochen des Fleisches in Wasserdampf, wird die Uebertragung der höheren Temperatur auf dasselbe dem Wasserdampfe überlassen. Auch beim Braten findet ein Gewichtsverlust statt: Rindfleisch verliert 49, Hammel- 24, Lamm- 22, Hühnerfleisch 24% seines Gewichts.

**Fleischpräparate.** — **Gesammtfleisch.** Um es leichter zu konserviren, wird ihm Wasser entzogen, wodurch es vor der Fäulniss sehr vollkommen geschützt wird. Diese Wasserentziehung kann durch Trocknen des in dünne Streifen geschnittenen fettfreien Fleisches

an der freien Luft geschehen, wie es die Indianerstämme Nordamerikas als *Pemmikan* ihre Jagdzüge mitzunehmen pflegen. Zur Konservirung des Fleisches wird es auch hermetisch in Blechbüchsen verschlossen und auf 100° C. erhitzt. Nicht so gründlich ist die Trocknung durch das Räuchern, wobei die Produkte der Holzdestillation noch eine antiseptische, fäulnisswidrige Wirkung entfalten. Aehnlich ist es bei dem Einsalzen (Pökeln), wo dem Fleische noch eine grosse Menge Wassers entzogen wird und das Salz das halbtrockne Fleisch vor Fäulniss schützt. Bei dem Einsalzen tritt Wasser aus dem Fleische zu dem Salz mit ihm aber auch die Hauptmenge der in der Fleischflüssigkeit gelösten krystallinischen Eiweissstoffe und Eiweissstoffe, wodurch sein Nährwerth vermindert wird. **LIEBIG** hat vorgeschlagen, die Salzlake einzudampfen, bis das Kochsalz herauskrystallisirt, und die rückbleibende concentrirte Fleischflüssigkeit zum Fleische mit zu geniessen. Gewöhnlich findet man das Fleisch von einer weissen Kruste bedeckt. Es rührt dieselbe daher, dass das zum Einsalzen verwendete Kochsalz auch Kalk- und Magnesiasalze als Verunreinigung in sich enthält. Phosphorsäure des Fleischsaftes bildet mit ihnen die bekannten unlöslichen Salze, welche auf dem Fleische niederschlagen. Nichts wäre weniger zweckmässig, als diese weisse Kruste entfernen zu wollen, die den durch die Zubereitung gesetzten Mangel wenigstens theilweise ausgleicht. Der Kaligehalt des Schweinefleisches sinkt von 37,79% der Asche durch Pökeln und Räuchern auf 5,30%, die Phosphorsäure von 44,47 auf 4,71; der Kaligehalt des Ochsenfleisches von 35,94 durch Einsalzen auf 24,70, die Phosphorsäure von 34,36 auf 21,44% der Asche.

**Fleischpräparate. — Fleisch-Eiweissstoffe.** Die Fähigkeit eines Theiles der Fleisch-Eiweissstoffe, sich in sehr verdünnter Säure zu lösen, veranlasste **LIEBIG** zur Herstellung eines Fleischpräparates, welches die Hauptbestandtheile des Fleisches — Eiweissstoffe und Salze — dem Organismus in gelöster, wie wir später noch näher erkennen werden, halb verdauter Form zuführt und welches für Kranke, denen keine feste Nahrung gegeben werden kann, den Fleischgenuss ersetzen soll. Dieser kalt bereitete Fleischaufguss ist in den Arzneischatz aufgenommen. Es ist klar, dass man das zu einem vollkommeneren Nahrungsmittel noch Fehlende — z. B. Kohlehydrate — eben so in gelöster Form neben dem Fleischauszug noch zu reichen hat, da ja dem wässerigen Infuse kein Fett beigemischt ist. Zur Bereitung des Infuses — *Infusum carnis frigide paratum* **LIEBIG** — setzt man dem feinzerhackten Fleische eine sehr verdünnte (1 per mille = 3<sup>cc</sup> rauchende Salzsäure auf 1000<sup>cc</sup> Wasser) Salzsäure zu. Schon nach einer halben Stunde lässt sich in der Flüssigkeit, die man häufig umrührt, ein nicht unbedeutender Eiweissgehalt nachweisen. Das Infusum kann kalt und ohne Salzzusatz genossen werden, durch Kochsalzzusatz fällt der grösste Theil des Albumins heraus. Der nicht eben angenehme Geschmack beeinträchtigt den längeren Gebrauch dieses Mittels manchmal bald. Nicht ganz sorgfältig bereitet ist sein Eiweissgehalt sehr gering, er kann unter 1% der Flüssigkeit sinken.

Etwas Aehnliches ist der »frisch ausgepresste Fleischsaft« (cf. Muskel).

**Fleischpräparate. — Die Fleischextraktivstoffe und Salze** enthält das vor Allem von **LIEBIG** empfohlene *Extractum carnis*, welches in letzter Zeit von Amerika in grösseren Partien in den Handel kommt. Das **LIEBIG'sche** Fleischextrakt ist nichts anders als eine aus Ochsenfleisch bereitete, eingedickte Fleischbrühe, welcher Leim beigemischt ist. Das Fleischextrakt hält sich jahrelang auch unter der Einwirkung der Luft unverändert und man kann daraus durch Verdünnung mit Wasser und etwas Kochsalzzusatz Fleischbrühe von jeder beliebigen Stärke herstellen.

Das Extrakt enthält vor Allem die dem Organismus zur Bildung seines Fleisches dienlichen organischen Stoffe, Kali und Phosphorsäure, die zur Ernährung nothwendig sind. Doch wird Niemand auf den Gedanken kommen können, dass sie allein im Stande sein könnten, die Ernährung zu unterhalten. Sie können dazu nur mitwirken, wenn die übrigen nothwendigen Ernährungsbedingungen erfüllt sind, wenn dem Organismus Eiweissstoffe und Fette oder an Stelle der letzteren Kohlehydrate in genügender Menge glei-

en werden. Die organischen Stoffe, welche in dem Fleischextrakte neben den alten sind, werden im Sinne der kraftproducirenden Nahrungsstoffgruppe (cf. Ersetze) wirksam werden können. Dem Gehalt des Extraktes an Kreatin und Kreatin eine besondere Bedeutung zuzukommen. Aus C. Vorr's Angaben entnehme ich, dass der Muskelaktion diese beiden Stoffe zum Zwecke der Krafterzeugung verbraucht zum Theil gehen sie jedoch in den Harn über. Unser Urtheil über den Nahrungs-Fleischbrühe und des gleichwerthigen Fleischextraktes ist durchaus nicht gewillt, dass diese Stoffe, welche eine tausendjährige Erfahrung dem Gesunden wie dem Kranken lehrt hat, irgendwie zu bezweifeln oder zu bemäkeln. Es steht fest in dem Bewusstsein jedes Arztes und jedes Deutschen, die wir uns an dem Genusse der Fleischbrühsuppen zu erfreuen pflegen, dass dem Fleischextrakte ein hoher Werth ebenso im Haushalte des Organismus als in unseren Haushaltungen zugeschrieben werden müsse. Was gibt nach Ermüdung und krankhaften Schwächezuständen mehr Kräftigung und Stärkung als eine kräftige Nahrung? Das Fleischextrakt, sagt PARMENTIER, bietet im Gefolge eines Truppencorps den verwundeten Soldaten ein Stärkungsmittel dar, welches mit etwas Wein seine durch Blutverlust geschwächten Kräfte augenblicklich hebt und ihn in den Stand setzt, den Schmerz in das nächste Hospital zu ertragen. Selbstverständlich darf neben dem Extrakte eine konsistente Nahrung nicht fehlen. Wir wissen aus den Untersuchungen von J. RANKE, J. BOGOSLOWSKY u. A., worauf abgesehen von dem directen Werth als Nahrungsmittel die belebende Wirkung der Fleischbrühe beruht. Es sind die Extraktivstoffe (Kreatinin) und diese namentlich die sauren, phosphorsauren Salze, die sie in so enormer Menge enthalten wie die Milchsäure und ihre sauren Salze, welche eine nervenbelebende Wirkung in hohen Dosen besitzen. Temperatur und Pulsfrequenz steigen nach Eingabe von Fleischbrühe (das BRUNGE mit Unrecht bestreitet). Dazu kommt noch der angenehme Geruch und Geschmack des Fleisches, der in Schwächezuständen gewöhnlich noch lebhafter und angenehmer empfunden wird als sonst. Wir haben in der Fleischbrühe nicht nur ein Nahrungsmittel, sondern ein von der Natur selbst uns zubereitetes Nervenreizmittel. Seine angenehmen, bei hohen Dosen durch schädliche Nachwehen nicht belästigenden Wirkungen beweisen uns, dass in dem geschwächten Organismus kaum ein entsprechenderes Heil- oder Belebungs-mittel gefunden kann. Bei übermässiger Zufuhr kann (bei Kaninchen) der Tod erfolgen. Die Fleischbrühe wirkt stärker toxisch als ihre Salze (BOGOSLOWSKY). J. WEIDEL hat im Fleischextrakt als konstanten Bestandtheil einen dem Theobromin ganz nahe stehenden Carnin gefunden. — (Valentine's Meat-Juice ist Fleischextrakt mit 0,45 Gramm in 1 Fläschchen.)

Die Betrachtungen räumen dem Salzgehalt in den Nahrungsmitteln eine sehr wichtige Function ein, nachdem wir nun wissen, dass derselbe wenigstens eine doppelte Function als Nahrungsmittel und als Reizmittel zu erfüllen hat; besonders sind es die weitverbreiteten, namentlich phosphorsauren Salze, welche für uns an Bedeutung gewinnen. Wie ich schon oben haben wir schon den Gedanken ausgesprochen, dass sie ihre stärkende Wirkung vielleicht ihrem Salzgehalt, der mit dem des Fleisches in qualitativer Beziehung nahe kommt, verdanken könnte. Das Gleiche gilt von Bier, gutem Weine, frischen Säften, Gemüse, deren ungemeine Wirkung für die Erhaltung einer gesunden Ernährung auf Schiffen und in Gefangenenhäusern so deutlich hervortritt, indem ohne sie der Tod fast unvermeidlich ist. LIEBIG macht darauf aufmerksam, dass die Salze sicher auch den Verdauungsprocess mitwirken werden. Sie thun dieses auch auf einem indirecten Wege, indem sie durch die von ihnen vermittelten Geschmacksreize und Reize der Magenschleimhaut, sowohl die Speichelabsonderung als die Absonderung des Magensaftes bewirken. In erster Beziehung sind auch besonders die schmeckbaren organischen Stoffe des Fleischextraktes wirksam. Wir wissen, wie stark unter ihrer Einwirkung bei dem Essen die Speichelsekretion eintritt: bei dem Hungrigen beginnt sie schon in hohem Maasse mit dem Riechen des Bratens, noch ehe ihn die Lippen berührt haben.



**Fleischpräparate.** — **Leim.** Die Bouillontafeln bestehen ihrer Hauptmasse aus Leim. Man stellte Gallertsuppen dar, die viel reicher an Leim waren als die aus dargestellten, durch Kochen von Knochen in verschlossenen Gefässen (PAPIN'schen Töpfe) erhöhter Dampfspannung. Auf diese Weise erhält man neben Fett 28% Gallerte (trocken). Man kann beide: Fleischextraktsuppe und Gallertsuppe leicht dadurch unterscheiden, dass man sie bei 1000 eindampft und den Rückstand mit Alkohol behandelt. Das Fleisch soll sich zu  $\frac{4}{5}$  in Weingeist lösen, während von der Bouillontafel fast Nichts in Lösung geht. Der Gallertsuppe kann, bei entsprechend niedrigem Preis, ein unter Umständen relativ unbedeutender Nahrungswerth nicht abgesprochen werden. Ebenso anderen aus Leber bestehenden Gerichten: den aus Kalbsfüssen, Hausenblase dargestellten Gelatinen, den Knochenfüssen selbst etc. (cf. Ernährungsgesetze).

**Fleischpräparate.** — **Fett.** Das Fleisch (Ochsenfleisch), das vom Metzger gehandelt wird, enthält im Grossen und Ganzen etwa 38% Fett.

Die Fette der verschiedenen zur Nahrung verwendeten Fleischsorten sind ziemlich zusammengesetzt. Das Menschenfett, welches durch den Fettgenuss erzeugt werden soll, ist weich, schmilzt bei 23°C. und ist aus den Glyceriden der Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure zusammengesetzt. Seine Elementaranalyse ergibt nach CHEVREUL: C 81,42; H 11,42; O 9,58. Nach demselben Autor zeigen die anderen Fettsorten, Schweineschmalz, Hammeltalg, genau die gleiche elementare Zusammensetzung, obwohl die Quantitäten der Mischung aus verschiedenen Fetten nicht harmoniren: Schweineschmalz: C 81,45; H 11,45; O 9,75. Hammeltalg: 79,00; 11,70; 9,30. Hammeltalg und Rindstark stehen qualitativ aus den gleichen Glyceriden wie das Menschenfett, doch überwiegen in ihnen, noch mehr in dem zweiten, die festen Fettsäuren (Stearinsäure) weit über die Oelsäure. Das Schweineschmalz besteht fast nur aus Palmitinsäure- und Oelsäure-Glyceriden. Gänsefett ist quantitativ dem Menschenfett am ähnlichsten zusammengesetzt.

Der Leberthran, zu unterscheiden von dem Fischthran, aus dem Fette der Fische und Robben bereitet, wird in neuerer Zeit als medicinisches Nahrungsmittel verwendet. Er wird aus den Lebern verschiedener Gadus- (Schellfisch-)arten: *G. callarias*, *G. carbonarius*, *G. pollachius*, *G. Morrhua* besonders in Norwegen dargestellt. Der Leberthran wird durch freiwilliges Ausfliessen des Oels aus den aufgeschichteten Fischelebern oder gelbe durch Auspressen und Auskochen gewonnen. Er besteht hauptsächlich aus Glyceriden, saureglycerid, flüchtigen Fettsäuren, Gallenstoffen, geringen Mengen: 0,05% Jod und Eisen. Unter seinen Mineralbestandtheilen findet sich phosphorsaurer Kalk, wodurch er für die Knochenbildung wichtig werden kann.

Das Glycerin soll nach A. CATTILLON in kleinen Gaben eine günstige Wirkung auf die Ernährung ausüben, nach DUJARDIN-BAUMETZ und AUDIGÉ wirkt es in grossen Gaben. CATTILLON gab Meerschweinchen zu ihrem gewöhnlichen Futter 0,5 Gramm Glycerin und sie viel bedeutender an Gewicht zunehmen als sonst gleich, aber ohne Glycerin gefüttert. 30 Gramm seien die richtige Dosis für den Menschen, dessen Harnstoffausscheidung damit abnehmen soll; in so kleiner Gabe auf einmal genommen befördere es den Appetit, die Verdauung und Defäcation.

Das Drüsengewebe der Thiere schliesst sich als Nahrungsmittel dem Fleische an. Die Leber, Milz, Nieren, Gekröse etc., auch das Gehirn und Knochenmark, letztere ist besonders reich an Fett. Hierher gehören auch die Eier. Die speciellere Zusammensetzung dieser Gebilde findet sich bei ihrer physiologischen Betrachtung abgehandelt. Sie enthalten mehr oder weniger Albuminate, Lecithin, Fette, Kohlehydrate, namentlich in der Leber die glycogene Substanz, phosphorsaures Kali und andere wichtige Blutbestandtheile, Wasser, specifische Bestandtheile, Extraktivstoffe. Ihre Zusammensetzung ist dem Fleisch mehr oder weniger ähnlich.



## Thierische Nahrungsmittel (nach MOLESCHOTT):

	Fleisch von			Leber der		
in 1000 Theilen:	Säugethieren	Vögeln	Fischen	Wirbelthiere	Hühnereier	Milch
Wasser . . . . .	728,75	729,83	740,82	720,06	735,04	861,53
Albuminate . . . . .	174,22	202,61	137,40	128,20	194,34	39,43
umgebende Substanz	31,59	14,00	43,88	37,38	—	—
Leucin . . . . .	37,15	19,46	45,97	35,04	116,37	49,89
Polysaccharide . . . . .	—	—	—	59,26	3,74	43,23
Strukturstoffe . . . . .	16,90	21,11	16,97			
Alze . . . . .	11,39	12,99	14,96	14,06	10,51	5,92

Der grössere Gehalt an Lecithin in den Eiern, im Gehirn etc. ist sehr beachtenswerth (BRÜCKE), da der animale Organismus dasselbe zum Aufbau seiner wichtigsten Organe (Nervengewebe, Samen etc.), in grösserer Menge, überhaupt zum Wachsthum alles Protoplasmas (HOPPE-SEYLER) nothwendig bedarf. (Ueber sein Vorkommen im Pflanzenreiche cf. S. 78.)

**Hygienische Betrachtungen.** — Freiwillige Veränderungen des Fleisches. Schon im lebenden Thiere finden sich wesentliche Schwankungen in der Zusammensetzung eines Muskelfleisches, die sich hauptsächlich auf die Veränderung seines Wasser-, Fett- und Strukturgehaltes beziehen. Für den Ernährungswerth ist wichtig, dass das gemästete Fleisch sehr viel reicher an festen Stoffen ist als das ungemästete, so dass der reale Werth des gemästeten Fleisches, durch seinen geringeren Wassergehalt und gesteigerten Fettgehalt, dem des mageren sehr bedeutend übertrifft. Z. B. mageres Schweinefleisch hatte nach meinen Bestimmungen 21,0% feste Stoffe, ein fettes Stück von demselben Thier dagegen 22,2%. Die verschiedenen Muskeln desselben Thieres zeigen eine Verschiedenheit in ihrem Wassergehalte. In Kaninchenrückenmuskeln fand ich die festen Stoffe zu 23,9%, das Herz enthielt dagegen 21,6%. Nach E. BISCHOFF differirt der Wassergehalt zwischen der Stammmuskulatur und den Herzen bei dem Menschen ebenfalls um mehrere Procente im gleichen Sinn wie bei den Kaninchen. Das Fleisch gehetzter Thiere (Jagdthiere) soll ungesund sein. Ebenso das Fleisch von Thieren, die an manchen Krankheiten gestorben sind. Der Leber des Eisbären werden giftige Eigenschaften zugeschrieben. Ueber die Ursachen dieser Schädlichkeiten ist noch wenig Sicheres bekannt. Die rasche Fäulniss des Fleisches, die nach Krankheiten eintritt, spielt in dem einen Fall sicher eine Hauptrolle.

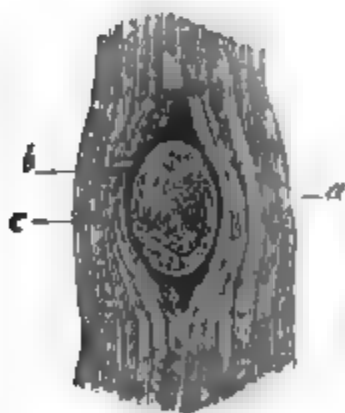
Nach dem Tode des Thieres macht das Fleisch in analoger Weise, als wenn es vom Körper getrennt ist, gewisse regelmässige Veränderungen durch. Zuerst verschwindet die normale neutrale Reaktion des Fleisches und macht einer ansteigenden sauren Reaktion Platz. Das Myosin wird dadurch gefällt, das frisch sehr elastische, weich anzufühlende Fleisch wird hart, fester (Todtenstarre). Es findet eine Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure statt. Auf der Höhe der Säurebildung ist das Fleisch für die Zureitung am geschicktesten, da sich die leimgebenden Gewebe dann am leichtesten in Leim verwandeln; besonders ist diese Säuerung, die auch durch künstliche unterstützt werden kann, für das Fleisch des Wildes zur Zubereitung erforderlich. Durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs bildet sich, besonders rasch bei höheren Lufttemperaturen, z. B. im Sommer, ein oberflächlicher Fäulnissprocess, der mit Aufnahme von Sauerstoff, Abgabe von Kohlensäure und Stickstoff und mit Bildung ammoniakalischer, riechender Zersetzungsprodukte des Fleisches und des Fettes einhergeht. Durch Kälte (Eis) kann dasselbe hintangehalten werden, ebenso für einige Zeit durch Eintauchen des Fleisches in starken Alkohol. Auch geht bei dem Fortschritt dieser fauligen Zersetzung die saure Reaktion des starren Fleisches von der Oberfläche fortschreitend in eine alkalische über, die Starre, das Myosinmangel, löst sich, das Fleisch fühlt sich wieder weicher an. Hat sich dieser Zustand in beträchtlichem Maasse ausgebildet, so wird der Genuss des Fleisches und der Fleischspeisen schädlich. Besonders in der Form von Würsten wird derartig schlechtes Fleisch noch häufiger missbraucht, daher sind die Wirkungen »des Wurstgiftes« besonders bekannt. Die Giftigkeit

der Würste tritt meist früher ein, als die Fäulniss sich durch Geruch deutlicher kund gibt, was bei ähnlichen Giften, wie Leichengift, das sich auch in Thierleichen entwickelt, genau ebenso ist. Von Interesse ist eine Beobachtung in dieser Hinsicht, die ich u. A. an Würsten gemacht haben, welche nach oberbayrischer Sitte aus dem Darm, in den sie zur Gewinnung der Form gefüllt wurden, nach der Anfertigung wieder herausgestrichen und nur zur Konservirung der Form oberflächlich gesotten werden. Sie bestehen aus geklopftem Kalbfleisch (Wollwürste) und haben also fertig keine Darmhülle. Diese Würste beginnen nach ein bis zwei Tagen, bei mittlerer Temperatur aufbewahrt, zu leuchten mit einem ziemlich starken phosphorescirenden Lichte. Ob diese Erscheinung mit dem aus der Herstellung stammenden Ueberzug von Darmschleim zusammenhängt, ist noch nicht constatirt. Mit dem Fortschritt der Fäulniss, wobei sich die Oberfläche mit einer alkalischen schmierigen Schicht überzieht, hört das Leuchten auf. Diese leuchtenden Würste werden übrigens noch, wie es scheint, ohne Schaden gegessen. Am bekanntesten ist das Leuchten faulen Holzes und fauler Fische, namentlich Seefische. Auch leuchtender Harn und leuchtendes Schweiss wird von E. Prützgen erwähnt. Letzterer hält die auf der Oberfläche der leuchten-Objecte in einer »Schleimschicht« befindlichen Organismen — Spaltpilze, Infusorien etc. — für die Ursache des Leuchtens, bei ihnen erfolge die Oxydation so energisch, dass sie die der Verbrennung unterliegenden Atomgruppen in Glühhitze versetzen.

Das Wesen des Wurstgiftes ist noch nicht aufgeklärt. Vielfältig denkt man als Ursache an niedere pflanzliche Organismen, Pilze. In der neuern Zeit ist man darauf aufmerksam geworden, dass mit Fällen, bei denen Wurstgift wirklich vorhanden ist, sich auch andere mischen, bei denen durch Wurst oder Fleisch (von Schweinen) Trichinen lebend in den Körper in grosser Anzahl eingeführt werden, deren Wanderungen aus dem Darm, den sie durchbohren, in die Muskeln, in denen sie sich encystiren, mit einer Vergiftung zu verwechselnden Erscheinungen hervorbringen. Besonders durch rohes Schweinefleisch können auch Cysticerken (Finnen) in den Darmcanal eingeführt werden, die Anlass zur Bildung von Bandwürmern werden. Durch fortgesetzte Siedhitze werden diese Organismen getödtet, das Fleisch, das sie enthält, unschädlich.

**Zur Untersuchung des Fleisches.** — Ueber die saure oder alkalische Reaction gibt eine Prüfung mit blauem Lakmuspapier, das durch Säuren geröthet wird, und ein Curcumapapier, dessen gelbe Farbe durch Alkalien gebräunt wird, einfachen Aufschluss. Man drückt ein kleines Stückchen des auf seine Reaction zu prüfenden Fleisches auf ein grösseres Stück des Reagenspapiers auf, es entsteht dann ein rother resp. brauner Fleck. Geröthetes

Fig. 59.



Eingekapselte Trichine beim Menschen. a Muskelfäden; b Kapsel; c Wurm.

Lakmuspapier wird durch Alkalien gebläut, was für diesen Zweck fast noch sicherere Resultate als mit Curcumapapier gibt. Fortgeschrittene Fäulniss diagnosticirt das Geruchsorgan am sichersten bei oberflächlich riechendem Fleische sind oft die inneren Schichten noch auf dem Maximum ihres Säuregehalts, das ganze kann (Wilt noch gesund zu geniessen sein, da die Fäulnissprodukte durch Erhitzen) Kochen zerstört werden. Bei eigentlicher Fäulniss zeigt das Mikroskop die unten bei der Harnfäulniss abgebildeten niederen Fäulnissorganismen und die Sargdeckelformen der phosphorsaur-Ammoniakmagnesiakrystalle. Ueber Cysticerken und namentlich Trichinen gibt auch das Mikroskop Aufschluss. (Fig. 59) Die Cysticerken oder Finnen treten auf der frischen Schnittfläche von Schweinefleisch, wenn man dieselbe seitlich zusammen-drückt, als ein stecknadelkopf- bis erbsengrosses Bläschen trüb und graulichweiss hervor. Die Zunge ist ein Hauptsitz der Finnen, aus denen bekanntlich viele Bandwürmer des Menschen entstehen. Durch Erhitzen (Kochen, Braten), wenig sicher durch Einsalzen und Räuchern werden die Finnen getödtet; bei grösseren Fleischstücken erreicht aber die Temperatur auch bei der Zubereitung durch Wärme häufig die erforderliche Höhe zur Zerstörung des Lebens der Finnen nicht. Die noch gefährlichere Tr

chine hat etwa 1 mm Länge, sie sitzt in grösster Anzahl bei trichinösen Thieren besonders in den mehr sehnigen Theilen des Muskels in der Nähe des Knochens, am zahlreichsten meist in den Nackenmuskeln, im Zwerchfell, in den Augenmuskeln etc. Zur Untersuchung nimmt man aus verschiedenen Stellen, namentlich aber aus der Nähe des Knochens kleine Stückchen parallel zur Fleischfaser, welche man fein zerzupft und mit Wasser, im Nothfall mit etwas Kalilaugezusatz, bei 50—100 facher Vergrösserung untersucht. Starke Hitze tödtet die Trichine, Räuchern und Einsalzen nicht.

### Getreide und andere vegetabilische Nahrungsmittel.

Der Wilde ist im Stande, von Fleisch allein, dem er nur noch Speck oder Fett zusetzt, zu leben. Die Gesittung der Welt ist an die Kenntniss des Getreidebaues geknüpft. Dieser macht es möglich, dass auf einen verhältnissmässig kleinen Raum zusammengedrängt eine bedeutende Anzahl von Bewohnern gesellig ihren Lebensunterhalt zu finden vermag, während der Jäger jeden Fremden, der das Jagdgebiet betritt, von dem er seine mühselig erkämpfte spärliche Nahrung zieht, als seinen natürlichen Feind betrachten muss. Die Civilisation, die in dem geselligen Zustande der Menschen wurzelt, hat ihren letzten Grund in der vergleichsweise mühelosen Art, mit welcher der Ackermann im Verhältniss zum Jäger nicht nur Nahrung für sich, sondern auch für andere, die nicht auf dem Felde arbeiten, zu gewinnen vermag.

Der Grund, warum die Menschheit seit den ältesten Zeiten auf den Anbau der Körner- und Hülsenfrüchte gekommen ist, scheint, von physiologischer Seite betrachtet, der zu sein, dass diese eingeschlossen in eine unlösliche, unverdauliche Hülle eine Mischung von Nahrungsstoffen enthalten, welche in allen Beziehungen der Milch und dem Fleische sehr ähnlich ist. Wir finden hier die gleichen anorganischen Salze, die Salze des Blutes, vorwiegend Kali und Phosphorsäure, reichlich gemischt mit organischen Stoffen, welche der Gruppe der Albuminate, der Kohlehydrate und Fette angehören. Doch sind letztere in geringerer Menge vorhanden. Die Hauptbestandtheile sind, wie uns aus der Zellenchemie schon bekannt (cf. S. 64), die Pflanzeneiweissstoffe, das Stärkemehl und die Salze.

**Chemische Zusammensetzung.** — Nach WILL und FRESSENIUS enthält in 100 Theilen Asche

	rother Weizen:	weisser Weizen:
Kali . . . . .	24,87	33,84
Natron . . . . .	15,73	—
Kalk . . . . .	4,93	3,09
Magnesia . . . . .	9,60	13,54
Eisenoxyd . . . . .	4,36	0,84
Phosphorsäure . . . . .	49,36	49,21
Schwefelsäure . . . . .	—	—
Kiesel Erde . . . . .	0,15	—

Auffallend ist es, wie in diesen Pflanzengeweben das Natron z. Th. das Kali ersetzen kann, während bei den Thieren und ihren Organen von einer solchen Vertretungsmöglichkeit Nichts bekannt ist.

Das Mehl, welches man aus den Getreidefrüchten bereitet, weicht je nach seiner grösseren oder geringeren Reinheit an Kleie von der Zusammensetzung des Gesamtkornes ab.

PAYEN fand , dass die Pflanzeneiweissstoffe, der Kleber , in den äusseren Theilen des Korn in grösserer Menge angehäuft seien wie in den inneren , so dass also derjenige Antheil d Mehles , welcher bei mangelhaften Mühleneinrichtungen bei der Kleie bleibt , sehr albumi reich ist. Das Mehl aus den Aussenschichten der Körner enthält bis zur Hälfte mehr Eiweis substanzen als das Mehl von dem Kerninnern. In einigen Gegenden wird aus grobgemahlene Gesamtmehl mit der Kleie das Brod gebacken, wie in Westphalen der sogenannte Pumper nickel (cf. unten). Die verschiedenen Getreidearten weichen bis zu einem gewissen Grade i der Zusammensetzung von einander ab. 100 Theile trockenes Mehl enthalten :

	Weizen :	Roggen :	Gerste :	Hafer :
Eiweissstoffe . . . . .	12—13 0/0	11—12 0/0	5—10 0/0	4—11 0/0
Stärkemehl (und Zucker)	73,5 -	71,9 -	73—83 -	68,5 -
Fett . . . . .	1,2 -	1,6 -	2,0 -	2—6 -
Zellstoff . . . . .		5 -	9,7 -	11,6 -

**Zur ärztlichen Mehlintersuchung.** — Um Roggenmehl auf Mutterkorn zu prüfen überschüttet man etwas von dem Mehle in einer Glasröhre (Proberöhre) mit dem gleiche Volum Essigäther , fügt ein wenig Oxalsäure hinzu und erhitzt vorsichtig einige Minuten lan zum Kochen. Wenn Mutterkorn im Mehl vorhanden war, so erscheint nach dem Erkalten di über dem Mehl stehende Flüssigkeit mehr oder weniger röthlich gefärbt (BÖTTGER). —

**Mehlsorten.** — Die Praxis hat seit lange neben Reis und Mais auch Hirse und de Buchweizen zu den Getreidefrüchten gezogen. Die chemische Analyse bestätigt dieses voll kommen , da sie besonders eine fast absolute Uebereinstimmung des Buchweizens mit der Roggen bemerkt, die vor Allem auch in der Asche sehr deutlich sich herausstellt.

	Buchweizen :	Mais :	Reis :	Hirse :
Eiweissstoffe . . . . .	3— 9 0/0	11,5 0/0	5,8—7,5 0/0	11,5 0/0
Kohlehydrate . . . . .	53—76 -	67,6 -	80 -	66,5 -
Fett . . . . .	1—1,5 -	6—7 -	—	3 -

**Die Hülsenfrüchte** stehen in ihrer Zusammensetzung den Getreidearten sehr nahe; sie en halten auch Lecithin und Cholesterin. Es überwiegt bei ihnen der Gehalt an Eiweiss stoffen ziemlich bedeutend. Diese wurden mit dem Namen (cf. S. 64) Legumin oder nach LIEBIG Pflanzen casein bezeichnet. Es rührt dieser Name daher, dass sie sich in gewissen Sinne dem Casein der Milch analog verhalten. Wenn man Erbsen, Bohnen oder Linsen welche einige Zeit in lauem Wasser gequollen waren, zu einem Brei zerreibt und diese durchsieht, so bildet sich in der abgeseihten Flüssigkeit, die schon dem Aussehen nach ein Aehnlichkeit mit Milch besitzt, ein starker Bodensatz, der aus Stärkemehl besteht: das Pfla zencasein bleibt gelöst. Die Auflösung ist trübe und nimmt leicht von selbst durch Milc säurebildung wie die Milch eine saure Reaktion an , die rasch zunimmt und das Casein g rinnen macht, so dass sich dieses nach etwa 24 Stunden ausgeschieden hat; die Flüssigke gesteht dann zu einer zarten , gallertigen Masse. Man kann die Flüssigkeit ebenso wie d Milch durch Sieden vor dem Gerinnen schützen, wobei gerade wie dort eine Haut auf d Oberfläche entsteht — **Pflanzenkäse.** — Die Chinesen bereiten auf die angegebene Weise au Erbsen einen wirklichen Käse, den sie Toa-foo nennen, und den man häufig auf d Strassen von Canton verkaufen sieht. Er enthält natürlich auch noch Stärke neben de Pflanzencasein, ist aber sonst ebenso gesalzen und zubereitet wie Käse. — Zucker, der allen Getreidearten sich findet , kommt bei den Leguminosen mit Ausnahme der Zuckererb nicht vor. Dagegen findet sich in ihnen wie im Getreide Gummi, Schleim und Fett, jen wachsartige Körper, der sich fast aus allen Pflanzentheilen gewinnen lässt. — Es enthält 100 Theile trockene Substanz :

	Erbsen :	Linsen :	Bohnen :	Saubohnen :
Eiweissstoffe . . . . .	22 0/0	26—29,7 0/0	22,6—24,5 0/0	25 0/0
Stärkemehl . . . . .	59 -	54 -	55,8 -	56 -
Fett . . . . .	2,5 -	2 -	0,7—2 -	1,8 -

Die Ausnutzbarkeit des Leguminoseneiweisses wird sehr beträchtlich dadurch gesteigert, wenn die Leguminosen als feines Mehl genossen werden. Dann bleiben nach STRÜMPPELL nur wenig ungenutzt im Darm, während das Eiweiss der mit den Hülsen, ganz gekochten Linsen 10% im Koth abgeht. Das Linsenmehl, überhaupt das Leguminosenmehl gehört also zu den verdaulichsten Nahrungsstoffen. (cf. unten Krankenkost.)

Die Asche der Hülsenfrüchte zeigt einen geringeren Phosphorsäuregehalt, aber eine bedeutendere Menge von Schwefelsäure als die Getreideasche und reichlich Chlornatrium (4%).

Dazu lassen sich die echten Kastanien anschliessen, die verhältnissmässig noch eiweissreicher, wenigstens reicher als die Kartoffeln; sie enthalten in 100 Theilen:

Wasser . . .	53,71
Albuminate . .	4,46
Kohlehydrate . .	39,44
Fette . . .	0,87
Salze . . .	1,52.

Die Kartoffel unterscheidet sich von den bisher genannten Früchten nicht wesentlich, besitzt sie einen weit höheren Wassergehalt als diese, wodurch ihr Nahrungswerth für ein geringes Gewicht bedeutend herabgesetzt wird. Während der Wassergehalt der bisherigen Samen etwa 44% beträgt, und nach den besten Untersuchungen von 9% bis höchstens 30% schwankt, stellt sich der Wassergehalt der Kartoffel zwischen 70—84%, so dass sie nur noch zwischen 19—30% feste Theile enthält. In den Zellen, aus welchen die Kartoffel besteht, finden sich an den Wänden Stärkemehlkörnchen abgelagert; übrigens sind die Zellen mit Flüssigkeit gefüllt, in welcher die stickstoffhaltigen Bestandtheile gelöst sind: Eiweiss und eine Spur  $\frac{1}{1000}$  eines nichtgiftigen krystallisirbaren Stoffes, der nach seinem Vorkommen im Spargel den Namen Asparagin erhält. Der Saft der frischen Kartoffel ist sauer durch Phosphorsäure, Salzsäure und Apfelsäure. Schwefelsäure fehlt in ihm. Die Zellenhüllen scheiden sich von der Zellensubstanz — Holzfaser — der meisten übrigen Pflanzen dadurch ab, dass sie durch Kochen gallertig werden und durch verdünnte Säuren in Zucker und Glycerin übergehen, so dass sie also mit zur Ernährung beitragen können. In den Keimen der Kartoffel entwickelt sich eine giftige organische Basis, das nicht krystallisirbare Solanin, welches in ungekeimten Kartoffeln nicht gefunden wird. Wenn Kartoffeln frieren, so zeigen sie nach dem Aufthauen zuckerreicher, süsser. Man muss die gefrorenen Kartoffeln, die keinen Schaden gegessen werden können, so lange sie nicht gefault sind, dadurch vor dem Verderben und der Fäulniss schützen, dass man sie gefroren erhält, wenn man sie nicht sofort verwenden kann. Der Frost zerstört die normale Structur der Zellhüllen. Das Welken kommt von einer rasch eintretenden Wasserverdunstung durch die Zellhüllen, die die Eigenschaft: Wasser zurückzuhalten, verloren haben. Der Stärkegehalt der Kartoffel schwankt zwischen 16% und 23% der frischen Kartoffel. Der Eiweissgehalt beträgt 1,5%. Auf trockene Substanz berechnet ergibt sich der Eiweissgehalt circa zu 8%, der Stärkegehalt zu 70,8%. In der Kartoffelasche wiegen die Alkalien vor: 60% Kali, dazwischen tritt die Phosphorsäure zurück: 13%. Die Asche enthält Schwefelsäure 8%; da sie keinen Saft enthält, so muss sie sich erst bei dem Verbrennen namentlich des Eiweisses der Kartoffel bilden. In 100 Theilen Kartoffelasche sind nach WAY:

Kali . . .	46,96
Chlorkalium . .	8,44
Chlornatrium . .	2,44
Magnesia . . .	13,58
Kalk . . .	3,35
Phosphorsäure .	11,91
Schwefelsäure .	6,50
Kieselerde . .	7,17.

Die Olive, die Frucht des Oelbaums (*Olea europaea*), ist namentlich für die Gegenden, in welchen sie gedeiht, eine der wichtigsten Nahrungsfrüchte. Das Olivenöl wird durch



Pressen aus dem fleischigen Theil der Frucht genommen. Das kalt gepresste ist das Provençeröl, das warm gepresste Baumöl ist blassgelb, durch Auskochen der Oelkuchen mit Wasser erhält man das grüne Baumöl: Malagaöl. Erdnussöl und Rapsöl dienen z. Th. als Ersatz für das Baumöl auch zum Genuss; wichtiger in diesem Sinne ist das Leinöl, welches vielfach als Ersatz für Butter verwendet wird, auch die Cacaobutter muss hier erwähnt werden.

**Hygieinische Betrachtungen.** — Bei der Zubereitung der Feldfrüchte zum Genuss für den Menschen will man entweder die ganze Frucht, wie sie die Natur darbietet, verwenden, oder nur einzelne Nahrungsbestandtheile derselben gewinnen. Im letzteren Sinne haben wir jene Käsebereitung aus Hülsenfrüchten schon besprochen. Hierher gehört auch die Stärkemehlgewinnung (aus den Kartoffeln und Getreidesamen, ebenso die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei, bei welchen das Stärkemehl zuerst in Zucker und dieser dann in Alkohol umgewandelt wird. Der Rückstand, welcher von der Alkoholbereitung in beiden Fällen bleibt, hat noch einen hohen Nahrungswerth. Es enthalten die Schlempe und die Trebern noch fast alle Eiweisskörper und einen Theil der stickstofflosen Bestandtheile, wodurch sie als Viehfutter einen hohen Werth behaupten.

**Brod.** — Bei der Bereitung des Mehles zum Brode wird das Mehl in eine chemisch und physikalische Beschaffenheit übergeführt, in der es sowohl von den Kauwerkzeugen gehörig bearbeitet als auch von den Verdauungssäften leicht verändert werden kann. Die rohe Stärke ist an sich für den menschlichen Organismus kaum in grösseren Quantitäten verdaulich. Sie wird es aber durch die gleichzeitige Einwirkung von Hitze und Feuchtigkeit, welche sie in den gequollenen Zustand überführt. Während diese beiden Agentien auf die Stärke einwirken, bleiben sie auch nicht ohne Einfluss auf die Eiweissstoffe des Mehles. Diese fangen an sich theilweise zu zersetzen, ebenso unter der Einwirkung von Fermenten der Zucker, welcher schon anfänglich in den Getreidesamen vorhanden ist und sich im Mehle noch weiter erzeugt, wo er unter Umständen 3—4 Procent betragen kann. Während also die Stärke löslich wird, geht gleichzeitig ein Process der Alkoholgährung und Kohlensäureentwicklung in dem Teige vor sich. Bei dem Backen des Brodes wird diese Alkoholgährung, welche schon an und für sich im Teige, aber nur langsam erfolgt, durch künstliche Gährungsmittel, welche man möglichst gleichmässig dem Teige zumischt, in höherem Maasse und gleichzeitig im ganzen Brode angeregt. Es wird dem Teige zu diesem Zwecke entweder Hefe oder Sauerteig zugesetzt; letzterer ist ein Stück Teig, welches, längere Zeit aufbewahrt, in starke Gährung übergegangen ist. Als Sauerteig — er hat seinen Namen davon, dass die Gährung nicht bei der Alkoholbildung stehen bleibt, sondern bald auch saure Produkte: Milchsäure erzeugt — wird von der letzten Brodbereitung immer ein Theil des Brodteiges aufgehoben. Da auf dem Lande zwischen dem Backen eine längere Zeit verläuft, wird er natürlich stärker sauer und gibt dadurch Veranlassung zu der gewöhnlich sauren Beschaffenheit des Landbrodes. Die Gasentwicklung bei der Gährung, welche man vor dem eigentlichen Backen meist in einem gewärmten Raume erfolgen lässt — Gehen des Teiges — hat vor Allem den mechanischen Zweck der Auflockerung. Der Brodteig wird so zäh gemacht, dass die sich entwickelnden Gasblasen in ihm nicht wie in einer Flüssigkeit an die Oberfläche steigen können; sie bleiben an dem Ort ihrer Entstehung und dehnen sich hier bei Steigerung der Hitze aus. Daher erlangt das gute Brod seine lockere Beschaffenheit, die es vor dem nicht gelungenen, speckigen als ein weit besser verdauliches Nahrungsmittel auszeichnet. Bei dem schwarzen oder Roggenbrode wird dem Mehle nur noch Wasser und Kochsalz zugesetzt neben dem Stückchen alten Mehlteig, der die Gährungserregung übernimmt. Bei dem Weissbrode, aus Weizenmehl bestehend, wird die Gährung oft durch Hefe hervorgerufen. Nur den Kunstbackwerken werden noch Milch, Butter oder Eier zugesetzt, wodurch natürlich ihr Nahrungswerth sehr gesteigert werden kann. Sie spielen aber im Verhältniss zu den besprochenen Volksnahrungsmitteln: Schwarzbrod in Deutschland und Russland, Weissbrod in England und Frankreich, eine nur verschwindende Rolle. Bei dem Backen wird da



und durch eine harte Kruste vor dem allzustarken Verdunsten des Wassers geschützt. Diese Kruste, welche die Einwirkung der Hitze im höchsten Maasse erfahren hat, ist zum Theil durch Lösung zersetzt, ein Theil ist in Stärkegummi, andere Theile noch weiter verändert. Die gebildeten Zersetzungsprodukte gehören wesentlich zum Wohlgeschmack des Brodes. Auch die Weiterbildung geht während des Backens im Brode noch fort, so dass z. B. die gebackenen Semmeln mehr Zucker enthalten als der ungebackene Teig, da die in heissem Wasser gequollene Stärke beim Erhitzen sich in Stärkegummi und Zucker verwandelt, was durch verdünnte Säure noch beschleunigt werden kann. Die verschiedene Verdaulichkeit der verschiedenen Brodsorten hängt zum weit überwiegenden Antheil von der Feinheit des zum Brodbacken verwendeten Mehles ab. MAYER verdaute von Weissbrod 94,4%, von saurem Schwarzbrod, Roggenbrod 90%, vom Pumpernickel, obwohl als Westfale an dessen Genuss von Jugend auf gewöhnt, nur 80%. Der Pumpernickel besteht aus dem gröbsten Mehl.

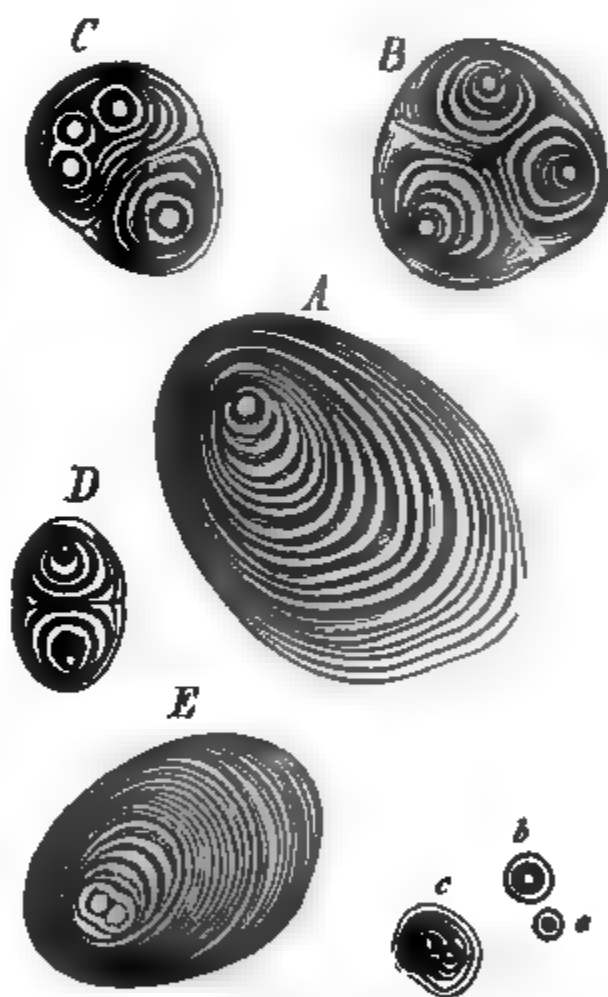
**Stärkemehl.** — Es ist hier noch zu erwähnen, dass das Stärkemehl der verschiedenen Früchte in der elementaren Zusammensetzung identisch ist. Das Kartoffelstärkemehl (Fig. 60) unterscheidet sich chemisch, abgesehen von dem Quellungsvermögen, wodurch seine Verdaulichkeit wesentlich bedingt wird, nicht von dem Arrowroot (Pfeilwurzelstärkemehl), von der Sago-Stärke aus dem Marke der Palmen, oder von der Stärke des Isländischen Moores. Die Gestalt der Stärkekörnchen zeigt, wie ihre Ursache, bei den verschiedenen Pflanzensorten Veränderungen. Das Kartoffelstärkemehl des Handels ist eine sehr reine Substanz, welcher fast alle unreinigenden Beimischungen fehlen. es enthält eine Spur von mineralischen Stoffen, besonders phosphorsaure Salze, Zucker, Dextrin und etwa 1% m. m. eines wachsartigen Pflanzenfettes.

**Zucker.** — Ueber den Zucker als Nahrungsmittel bedarf es hier keiner weiteren Auseinandersetzungen mehr, da wir das Nöthige schon bei der Besprechung des Zellenchemismus beigebracht haben.

Wenigstens für Pflanzenfresser ist auch die Rohrzucker, Holzfaser, in ziemlichem Maasse verdaulich, wie HÄGNER u. v. A. fanden. Für den Menschen scheinen nur die zartesten Modifikationen z. B. in den Kartoffeln verdaulich zu sein.

**Obst.** — Der Zucker wird ausser als Gewürzstoff noch neben Stärkemehl auch in den Gemüsen und Obstsorten in ziemlicher Menge genossen. Der Nahrungsgehalt des Obstes besteht zum überwiegenden Theile aus Zucker, der gemischt mit verschiedenen organischen Säuren demselben den spezifischen Geschmack ertheilt. Als Beispiel kann die Analyse der Pflaumen dienen: sie enthalten bei einem Wassergehalt von 74,10% 28,90% feste Stoffe, von denen 24,81% Zucker sind. 3,06% sind Gummi und 1,14% Cellulose. Die organischen Säuren machen etwa  $\frac{1}{2}$ , die Eiweissstoffe  $\frac{1}{4}$  Procent aus. Ihre Salze sind die uns bekannten Pflanzensalze. Das Erquickende und Erfrischende des Genusses der meisten Früchte, sowie die günstigen Resultate auf die Ernährung namentlich der Kinder, muss dieser glück-

Fig. 60.



Stärkekörner aus einer Kartoffelknolle (500). A ein älteres einfaches Korn; B ein halb zusammengesetztes Korn; C, D ganz zusammengesetzte Körner; E ein älteres Korn, dessen Kern sich getheilt hat; a ein sehr junges Korn, b ein älteres, c noch älter mit getheiltem Kern.

lichen Mischung der Bestandtheile der Früchte zugeschrieben werden ; ein wesentliche fällt dabei auf die Säuren und Salze. Besonders enthalten Citronen in ihrem Saft reichlich Kalisalze, die zur Organbildung unerlässlich sind. Hier reihen sich die z reichen künstlichen Pflanzensäfte an.

**Grüne Gemüse.** — Die auch als Nahrungsmittel dienende Runkelrübe bietet noch weiteres Interesse dar, weil aus ihr der Rübenzucker bereitet wird, welcher der nialzucker bei uns fast vollkommen verdrängt.

Nach HORSFORD und KROCKER enthält die Runkelrübe in 100 Theilen :

	frisch trocken	
Eiweissartige Körper . . . .	2,04—	11,5
Zucker . . . . .	12,16—	68,8
Cellulose und die übrigen		
stickstofffreien Körper	2,56—	14,7
Mineralische Substanzen	0,89—	5,0
Wasser . . . . .	82,25—	—
	100,00	100,0

	Gelbe Rüben	Kohlrabi	Blumenkohl	Gurken
Wasser . . . . .	85,31	80,00	81,89	97,14
Albuminate . . . . .	1,55	2,00	0,50	0,13
Kohlehydrate . . . . .	13,34	17,00	1,80	2,62
Extraktivstoffe . . . . .	0,04	—	—	0,04
Fette . . . . .	0,25	0,30	—	—
Salze . . . . .	1,52	5,00 !	0,76	—

Von der Asche sind 70—80 Procent auflöslich und bestehen aus kohlensaurem, sch saurem, salzsaurem und phosphorsaurem Kali und Natron; Kali und Phosphorsäure wiegen. Der im Wasser unlösliche Theil besteht aus kohlensaurem und phosphorsaurem und Bittererde, aus Eisenoxyd und Kieselerde.

Bei den grünen Pflanzen ist der Salzgehalt sehr bedeutend und wir dass die Bestandtheile desselben mit den Blutsalzen vollkommen übereinstimmen. Da wird ihre hohe Bedeutung erklärlich, die sie besonders dann erhalten, wenn, wie auf Seereisen, das als Nahrung dienende Fleisch gesalzen ist, die Blutsalze ihm also entzogen. Die Heilung des z. Thl. aus dem Salzfleischgenuss resultirenden Krankheitszustande Skorbutes, gelingt durch Zusatz von Gemüse zur Nahrung, dem man freilich nicht, in deutschen Küchen so häufig geschieht, durch vorheriges Kochen und Wegschütten Kochwassers den Hauptgehalt an Nahrungsstoffen — nämlich fast alle löslichen Bestandtheile: Salze, Zucker etc., entziehen darf. Wir entnehmen v. GORUP-B folgende Tabelle über die Gemüseasche, in 100 Theilen Asche sind enthalten :

	gelbe Rübe	weisse Rübe	Weisskraut	Rosenkohl	Spargel	G
Kali . . . . .	37,55	48,56	48,32	17,05	22,85	
Natron . . . . .	12,63	—	—	—	2,27	
Chlorkalium . . . . .	—	—	9,33	8,63	—	
Chlornatrium . . . . .	4,91	4,44	—	—	7,97	
Magnesia . . . . .	3,78	2,26	3,74	15,09	6,34	
Kalk . . . . .	9,76	6,73	12,64	25,88	15,91	
Eisenoxyd . . . . .	0,74	0,66	—	2,86	5,11	
Phosphorsäure . . . . .	8,37	7,65	15,99	23,91	18,32	
Schwefelsäure . . . . .	6,34	12,86	8,30	—	7,32	
Kieselerde . . . . .	0,76	0,96	0,40	6,58	12,58	
Kohlensäure . . . . .	15,15	14,82	—	—	—	

Weitere Angaben über die Zusammensetzung der Nahrungsmittel finden sich zu des Cap. V.

Die Konservierungsmethoden des frischen Gemüses in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen gewinnt für die oben angeführten Fälle eine hohe Gesundheitsbedeutung. — Pflanzensäfte finden als Heilnahrungsmittel passend Verwendung.

Der Mensch isst alle die genannten Nahrungstoffe und Nahrungsmittel nicht einzeln, sondern zu Gerichten gemischt. »Geleitet durch den beinahe zum Bewusstsein gelangten Instinkt, den wegekundigen Führer, und durch den Geschmack, den Wächter der Gesundheit, ist der erfahrene Koch in Beziehung auf die Wahl, Zusammenstellung und Zubereitung der Speisen und ihrer Aufeinanderfolge zu Errungenschaften gelangt, welche Alles übertreffen, was Chemie und Physiologie in Beziehung auf die Ernährungslehre geleistet haben. In der Suppe und den Fleischsaucen ahmt er den Magensaft nach, und in dem Käse, womit er die Mahlzeit schliesst, unterstützt er die Wirkung des auflösenden Magenepitheliums. Die mit Speisen besetzte Tafel erscheint dem Beobachter gleich einer Maschine, deren Theile harmonisch zusammengefügt und so geordnet sind, dass damit, wenn sie in Thätigkeit gesetzt sind, in Maximum von Wirkung hervorgebracht werden könnten« (LIEBIG).

**Freiwillige Veränderungen der vegetabilischen Nahrungsmittel.** — Wie alle organischen Stoffe unterliegen auch die vegetabilischen Nahrungsmittel der Einwirkung des Luftsauerstoffs und der Gährungs- und Fäulnisserreger, was besonders bei den wasser-, eiweiss- und zuckerreichen Vertretern derselben, wie Fruchtsäften, bald zu wesentlichen Veränderungen führt: Alkohol- und Essigsäuregärungen treten ein, die sich nicht dem Geschmack verrathen. Bei den Früchten geht einige Zeit noch der Vorgang des Nachreifens fort, die Pflanzensäuren verschwinden und es treten reichlicher Zucker und Stärkemehl auf. Verletzt verwesen und faulen sie. Ueber die Veränderungen der Kartoffeln durch Keimen und Frieren wurde schon oben das Nöthige beigebracht. Das Frieren bringt bei Früchten und Gemüsen die gleiche Wirkung wie bei den Kartoffeln hervor, nach dem Auftauen welken und faulen sie rasch aus den angegebenen Gründen. Das feuchte Brod erleidet analoge Veränderungen wie die anderen vegetabilischen Stoffe; es bilden sich oft auch reiche Pilzvegetationen (Schimmel), meist aber schützt das Brod Vertrocknung vor weitgehender Zerstörung.

Schädliche Wirkungen bringen diese freiwilligen Veränderungen meist nur in unangeordnetem Grade hervor, im Allgemeinen hat man sich vor allem Verdorbenen zu hüten. In faulem Mais entsteht ein Gift, welches bei subcutaner Injection auf Frösche und Kaninchen tödtlich wirken kann (HUSEMANN). Die Schädlichkeit des unreifen Obstes ist in ihren Ursachen und Wirkungen allgemein bekannt, überhaupt zeigt sich das Uebermaass des Genusses auch von reifem Obst wie alles Uebermaass schädlich, wie die Erfahrungen der Aerzte aus dem deutsch-französischen Kriege (1870 bis 1871) über den Genuss auch getrockneter Trauben beweisen, während bekanntlich reichlicher Traubengenuss als Traubenkur vielfach sich schon hygieinisch bewährt hat. Dass bei alleinigem Genuss von Früchten die Allgemein-Ernährung nothleiden muss, geht aus der relativ geringen Menge von Albuminaten und Kohlehydraten hervor, welche wir durch eine anscheinend beträchtliche und den Magen füllende Quantität einführen. Sie bestehen ja der Hauptmasse nach aus Wasser. Der Genuss der Leguminosen, sauren, schwarzen Brodes, überhaupt reichlicher trockener Pflanzenstoffe ruft eine reichliche Entwicklung von Darmgasen hervor. Feinstes Leguminosenmehl zeigt aber diese Wirkung nicht. Man schreibt vegetabilischen Stoffen spezifische Wirkungen auf gewisse Organe zu. Der reichliche Salzgehalt wird bei Früchten etc. die Harnausscheidung steigern können, einige der aufgenommenen organischen Stoffe gehen in den Harn über (cf. abnorme Harnbestandtheile). Nach dem Genuss von organischen Substanzen, die reich an oxalsauren Salzen sind (z. B. Sauerampfer), wird Oxalsäure als oxalischer Kalk im Harn ausgeschieden, was zur Bildung von Harnkonkrementen Veranlassung zu geben konnte. Die organischen Nährsubstanzen, die scharfe ätherische Oele enthalten, sollen den Geschlechtstrieb anregen. Man hat dafür den Spargel, Schnittlauch, Sellerie etc. in falschlichem Verdacht.

Zur Untersuchung chemischer Art (über Mutterkorn cf. oben S. 180) findet hier der

Arzt selten Veranlassung. Der Unterschied der verschiedenen Stärkesorten wird mit dem Mikroskop erkannt. Gut ausgekochte Kartoffelstärke ist, wie die LIEBIG'sche Kindersuppe lehrt (cf. diese), für Kinder und Leute mit schwacher Verdauung vollkommen zuträglich. Der Vorzug der anderen Stärkesorten beruht vor Allem in der Leichtigkeit, mit der bei der kulinarischen Zubereitung die für ihre Benutzung als Nahrungsmittel nöthigen Veränderungen erfahren, worauf ihre Verdaulichkeit beruht.

**Die Beimischungen metallischer Stoffe zu den Nahrungsmitteln** sind in Theil der Gesundheit schädlich. Die metallischen Stoffe, die hier in Frage kommen, sind Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Eisen. Das letztere ist in seinen Verbindungen sehr unschädlich, ebenso das Zinn, während die Einverleibung der drei ersteren deutlich mit nachtheiligen Folgen für die Gesundheit verknüpft sind. Besonders durch **Kochgeschirre** werden die Metalle verschleppt. Die Glasur irdener Geschirre ist bleihaltig und könnte, wenn sie schlecht aufgebrannt ist und absplittert oder sich chemisch ablöst, Veranlassung zu Bleierkrankungen geben. Die Zinngeschirre sind meist ebenfalls mit Blei legirt und können durch Aufbewahrung saurer Substanzen in ihnen diesen einen Gehalt an Blei mittheilen. Zinkgeschirre kommen seltener im Gebrauch vor, es ist bei Milch und Wasser schon auf die daraus entspringenden Gefahren aufmerksam gemacht worden. Doch steht das Zink mit Kupfer legirt als Messing in vielfältigem Gebrauch, ebenso Geschirre aus reinem Kupfer. Alle sauren Flüssigkeiten, z. B. Fruchtsäfte, lösen das Kupfer und Zink in ziemlicher Menge auf und geben dadurch Veranlassung zur Einführung dieser Metalle in den Organismus, mit allen daraus entspringenden schädlichen Folgen.

Von den angeführten metallischen Giften ist den Aerzten das **Blei** am bekanntesten, seine specifischen Einwirkungen, Bleikolik und Bleilähmung, sich bei Individuen, die viel Blei in Bleifabriken oder mit Bleifarben (Maler, Anstreicher und Farbenbereiter) oder bei Glasuren (Töpfer) zu thun haben, sich häufig zeigen und so charakteristisch sind, dass sie kaum verkannt werden können. Doch sind in der letzten Zeit manche Fälle bekannt geworden, welche zeigen, wie häufig auch bei anderen als den genannten besonders ausgesetzten Beschäftigungen Bleivergiftung die Ursache chronischer Erkrankungen sein kann. Anfangs machen sich die Symptome der Bleivergiftung nicht geltend, erst wenn durch das Gift oder durch andere Ursachen eine Functionsbehinderung der Nieren auftritt, so dass die Ausscheidung des Bleies durch den Harn sistirt wird, sehen wir ernstere Fälle auftreten. Bei derartigen Nierenstörungen scheint (TRAUBE) öfters der Grund für das Auftreten bedrohlicher Symptome zu liegen, die sonst sich nicht geltend machen, der Arzt wird darum mit stark wirkenden Arzneimitteln bei solchen Patienten mit Nierenleiden besonders vorsichtig sein müssen. Um einige Beispiele anzuführen, so hat man beobachtet, dass unabsichtliche Bleivergiftungen eintreten nach Gebrauch von in Staniol (bleihaltig) verpacktem Schnupftabak österreichischer Fabrikats, sogenanntem Albanier. Die Rosshaare werden mit Blei gefärbt, was, sowie die Verarbeitung solcher schlechtgefärbter Fabrikate, Veranlassung zur Vergiftung gegeben hat (HITZIG). ARCHAMBAULT macht darauf aufmerksam, dass Bleiintoxikationen bei Arbeitern beobachtet werden durch das Sieben eines Pulvers von Bleisilikat, wie es als isolirender Ueberzug eiserner Haken bei der Telegraphie benutzt wird. GEORGE JOHNSON beobachtete eine Bleivergiftung bei einem Manne, der zur Verfertigung von Mantelsäcken ein schwarzes, bleihaltiges Glanztuch verwendete. In grösserem Maassstabe kommen Intoxikationen vor, wenn Blei in grösserer Quantität Nahrungsmitteln beigemischt wird. Der Zusatz von Bleischrot zu Wein macht diesen zwar süsser (Bleizucker), aber durch Blei und Arsenik giftig, auch das Reinigen der Weinflaschen mit Schrot giebt dem Wein einen Gehalt an diesen giftigen Stoffen. Eine sehr belehrende Beobachtung machten in Beziehung auf Bleivergiftung MAUNOURY und SALMAN. In mehreren Dörfern der Umgegend von Chartres verbreitete sich im October 1861 bis zum März 1862 sehr schnell eine Krankheit mit allen Symptomen der Bleivergiftung, die in 6 Gemeinden über 300 Personen ergriff, ohne dass sie sich wieder davon zu erholen vermochten, 15—20 starben. Nur Säuglinge blieben verschont. Nachfrage von Haus zu Haus ergab, dass alle erkrankten Familien ihr Brodmehl aus derselben Mühle

eren M $\ddot{u}$ hlsteine als Vergiftungsursache sich herausstellten. An den mahlenden der M $\ddot{u}$ hlsteine befinden sich je nach ihrer Qualit $\ddot{a}$ t mehr oder weniger zahlreiche, oder kleinere grubige Vertiefungen, welche zur Benutzung der Steine ausgef $\ddot{u}$ llt m $\ddot{u}$ ssen. Der M $\ddot{u}$ ller hatte zur Ausf $\ddot{u}$ llung metallisches Blei benutzt, welches durchung der Steine abgerieben dem Mehl sich beimengte, so dass das Mehl Blei im metal-  
Zustand und als kohlen-saures und essig-saures Salz enthielt und zwar 40 Milligramm  
Kilogramm Mehl. Nach Beseitigung des Bleies in der M $\ddot{u}$ hle erlosch die Krankheit.  
Weise wurden in der Folge noch einige Bleivergiftungsepidemien von M $\ddot{u}$ hlen aus-  
n Frankreich beobachtet,  $\ddot{a}$ ltere unerkannte Epidemien liessen sich auf diese Ursache  
hren. DIDIERJEAN, Besitzer einer Mennigefabrik, machte die Beobachtung, dass reich-  
ilchgenuss (4 Liter pro Tag), zu dem er seine Arbeiter nach zuf $\ddot{a}$ lliger Bemerkung  
nstigen Wirkung verpflichtete, als ein probates Pr $\ddot{a}$ servativ gegen Bleiver-  
g wirke.

das Kupfer wird eine giftige Wirkung in kleiner Dosis von erfahrenen Aertzten be-  
andere bezweifeln sie. Man behauptet sogar Immunit $\ddot{a}$ t der Kupferarbeiter gegen  
a. der Gr $\ddot{u}$ nspanarbeiterinnen gegen Chlorose. Gewiss ist es, das Gr $\ddot{u}$ nspan  
res Kupfer) in bestimmter Dosis als Gift angesehen werden muss, die H $\ddot{o}$ he der Dosis  
jedoch wegen des stets eintretenden Erbrechens kaum sicher feststellen. Abgesehen  
ch irritirenden Wirkungen auf Augen und Kehlkopfschleimhaut sollen nach G. P $\acute{e}$ cho-  
l C. SAINTPIERRE die Arbeiter in den Gr $\ddot{u}$ nspanfabriken der Departements de l'H $\acute{e}$ raul-  
l'Aude keinerlei Beschwerden zeigen, so dass nach ihnen die t $\ddot{a}$ gliche langsame Ab-  
keinen Schaden bringen soll. Mit den gebrauchten stark kupferhaltigen Weintreber-  
werden Kaninchen und Gefl $\ddot{u}$ gel gem $\ddot{a}$ stet. BLASIUS, ULEX u. v. A. behaupteten, dass  
in normaler Organbestandtheil der Pflanzen und Thiere sei, LOSSEN zeigte aber, wie  
isch man gegen solche Angaben sein muss, wenn nicht kupferhaltige Apparate: L $\ddot{o}$ th-  
sbrenner bei der Untersuchung vermieden wurden. Englische Aerzte, z. B. CLAPTON,  
in chronische Intoxikation nach fortgesetztem Genuss kupferhaltiger Getr $\ddot{a}$ nke (die  
Kupfer gestanden hatten), dann bei Kupferschmieden und durch Kupferfarben. Der  
iss werde dabei bl $\ddot{a}$ ulich gr $\ddot{u}$ n (?). Zur F $\ddot{a}$ rbung von Mixtpickels und Spinat wird  
ferm $\ddot{u}$ nze mit gekocht. Der gr $\ddot{u}$ ne Thee ist oft durch Gr $\ddot{u}$ nspan gef $\ddot{a}$ rbt. BERGERON  
H $\ddot{o}$ re fanden, dass der K $\ddot{o}$ rper des Menschen regelm $\ddot{a}$ ssig einen durch die Nah-  
gef $\ddot{u}$ hrten Kupfergehalt zeige, derselbe nimmt mit dem Alter zu. W $\ddot{a}$ hrend sie die  
enge in der Jugend zwar qualitativ, aber nicht quantitativ bestimmen konnten, fanden  
as mittlere Alter 0,7—1,0, im h $\ddot{o}$ heren Alter 1,5 mgm.

Bleinaachweis wird bei schlechter bleihaltiger Glasur, welche an S $\ddot{a}$ uren Blei  
dadurch gef $\ddot{u}$ hrt, dass man in das zu pr $\ddot{u}$ fende Geschirr guten Essig giesst (von etwa  
serfreier Essigs $\ddot{a}$ ure). Nach 24 Stunden wird der Essig, der den Boden des Gef $\ddot{a}$ sses  
zu bedecken hat, abgegossen, das Geschirr dann noch zum zweiten- und drittenmal  
in derselben Weise gef $\ddot{u}$ llt. Jede Portion wird dann dadurch auf Blei gepr $\ddot{u}$ ft, dass  
chwefelwasserstoffwasser« zumischt, wobei eine starke schwarze Tr $\ddot{u}$ bung nebst  
em flockigen Niederschlag von »Schwefelblei« die Gegenwart des Bleies anzeigt.  
schwarze Niederschlag ist in der ersten Essigportion am st $\ddot{a}$ rksten, in der dritten meist  
schwach, dass nur noch eine br $\ddot{a}$ unliche F $\ddot{a}$ rbung und Tr $\ddot{u}$ bung zu bemerken ist.  
ehrmaliges Auskochen der neuen Geschirre mit Essig (der dann weggesch $\ddot{u}$ tet wird),  
alle Gefahr der Bleiabgabe der Geschirre auch an saure Speisen aufgehoben. Die Ge-  
ind vollkommen gut gebrannten gleich. Essig, Sauerkraut, Pflanzens $\ddot{a}$ uren anderer Art,  
pt saure Speisen k $\ddot{o}$ nnen aus schlechten Glasuren eine Beimischung von Blei erhalten,  
ch, Kaffee, Fleischbr $\ddot{u}$ he, Suppen ziehen kein Blei aus (L. A. BUCHNER). Auch wenn  
in bleihaltigen Gef $\ddot{a}$ ssen gekocht werden, so wird bei gleichzeitiger Anwesenheit von  
toffen, z. B. Fleisch, das Blei an Albuminate zu unl $\ddot{o}$ slichen Verbindungen gebunden,  
ohne weitere Ver $\ddot{a}$ nderungen durch den K $\ddot{o}$ rper hindurchgehen (BUCHNER) und keine  
sion zu Vergiftungen geben. Daraus w $\ddot{u}$ rde sich die Thatsache erkl $\ddot{a}$ ren, dass von



Seiten der Aerzte keine durch Bleiglasur herbeigeführte Bleikrankheit berichtet wird, wie a selbst TANQUEREL DES PLANCHES in seinem Werk über Bleikrankheiten (deutsch Quedlin 1842) unter 2165 Beobachtungen keine Erkrankungen in Folge von Bleiglasuranführt. Beson für die Ernährung kleiner Kinder hat man sich jedoch nur gut gebrannter Geschirre, die her dreimal mit Essig ausgekocht wurden, zu bedienen. Für Erwachsene besteht k ernstliche Gefahr, da nach TARDIEU erst 480—960 Gran (30—60 Gramm) einen Erwach tödten, während z. B. BUCHNER in  $\frac{1}{10}$  Liter Essig aus schlecht glasierten Geschirren 0,07 — 0,2 Gramm Blei fand.

### Die Genussmittel.

**Hygienische und physiologische Betrachtungen.** — Ausser den eigentlie Nahrungsmitteln werden vom Menschen noch eine Reihe von Substanzen i Stoffen aufgenommen, deren Werth für den Organersatz und die Kraftprodukt des Organismus nicht so direct in die Augen fällt, wie bei den bisher genä ten. Nicht ganz mit Recht, weil keine scharfe, principielle Scheidung mög ist, hat man die betreffenden Stoffe: Kaffee, Thee, Chocolate, Tabak, Sp tuosen als Genussmittel (v. BIBRA) von den eigentlichen Nahrungs m teln getrennt.

Der Preis eines zur Ernährung verwendeten Stoffes steht in genauem V hältnisse zu dem Nahrungswerth desselben. Was dem einzelnen Konsument unbekannt sein mag, das regelt die Erfahrung der Gesammtheit in t raschend richtiger Weise (LIEBIG).

Wenn wir den Genussmitteln einen eigentlichen Werth als Nahrungs m wie es meist geschieht, absprechen, so ist es verwunderlich, dass ein sol Preis für sie nicht etwa nur von den Reichen, sondern auch von den Armen zahlt wird. Der geringste Tagelohn wird ja wenigstens in zwei Theile ge ten, von denen der eine zu Kartoffeln, der andere zu Kaffee verwendet w und gerade den Armen sehen wir mit besonderer Vorliebe neben seiner lichen, den täglichen Verbrauch an Kräften nicht oder kaum ersetzenden r rung Genussmittel, wenigstens Kaffee oder Brantwein, geniessen.

Es wäre falsch, wenn wir annehmen würden, dass der Genuss dersel der mit verhältnissmässig so grossen Opfern für den Armen verknüpft allein auf dem Wunsche, etwas Angenehmes zu essen, beruhte. Die Arm hat, auf tausendjährige Erfahrungen gestützt, die wohlfeilste Ernährung gek mit Hülfe deren bei dem geringsten Aufwande an Nahrungsmaterial die höc Kraftproduktion möglich ist. Daraus schon geht hervor, dass die Genuss für das Wohlbefinden und die Arbeitsfähigkeit des Individuums i grosser Bedeutung sind.

Wenn wir sie chemisch und physiologisch untersuchen, so finden wir ihnen eine in die Augen springende Uebereinstimmung. Sie enthalten allem oder weniger physiologische Nervenreize, welche ein aus Arbeit hervorge genes Schwächegefühl der Nerven und Muskeln zu vertreiben geeignet sind

Wir haben in der Fleischbrühe, dem Fleischextrakte ein derart Erregungsmittel erkannt. Der Arme, welcher kein Fleisch als tägliche Nahr zu bestreiten vermag, hilft sich mit jenen Genussmitteln, welche in t raschender Weise in ihren physiologischen Wirkungen den Fleischextrakt ersetzen vermögen.



So sehen wir Bevölkerungen bei einer Nahrung der Hauptmasse nach aus Stoffen, welche an sich kaum zum Wiederersatz des Stoffverbrauches durch Arbeit genügen würde, durch Kaffeezusatz sich arbeitsfähig erhalten.

Das Hunger- und Schwächegefühl durch unzureichende Nahrung wird z. Thl. durch den Brantweingenuss vertrieben, so dass die Arbeit fortgesetzt zu werden vermag, welche sonst das Gefühl der Ermüdung unterbrechen würde.

In dem thierischen und menschlichen Organismus ist eine bedeutende, zur Arbeit zersetzbare Stoffmenge aufgespeichert. Die Natur hat den Verbrauch dieser Stoffe nur bis zu einem gewissen, geringen Grade der Willkür des Menschen anheimgegeben. Lange ehe die Zersetzung einen höheren Grad erreicht hat, treten durch den veränderten Chemismus der Bewegungsorgane Ermüdungen der Bewegungsmöglichkeit ein, die sich subjectiv als Ermüdung: erst Unlust, dann Unfähigkeit zur Arbeitsleistung zu erkennen geben. Dieses Ermüdungsgefühl wird durch die Genussmittel in seinen Anfängen beseitigt, so dass die Arbeit, verbunden mit Stoffverbrauch, fortgesetzt werden kann über die von der Natur gezogene Grenze hinaus, jenseits deren sie Erholung durch Ruhe und Wiederersatz des verbrauchten Körperstoffes durch Nahrung verlangt. Genussmittel haben danach auch einen Werth für die Konsumenten, der sich in Geld, dem Mehrverdienst, ermöglicht durch Beseitigung des Ermüdungsgefühles, ausdrücken lässt. In neuester Zeit hat man darauf aufmerksam gemacht (J. RANKE), dass unter der Einwirkung der Genussmittel, namentlich des Kaffees (Kaffeins), eine Veränderung der Blutvertheilung im Organismus eintritt, die den zur mechanischen Arbeit erforderlichen Organen, Muskeln und Nerven mehr Blut und damit mehr zur Krafterzeugung dienliches Material zufließen lässt, so dass bei relativ gesteigerter Ernährung der Arbeitsorgane die Arbeitsfähigkeit zunehmen muss. Durch gesteigerte Circulation in den Arbeitsorganen werden auch die »ermüdenden Stoffe«, welche die Arbeitsfähigkeit herabsetzen, endlich vernichtet, rascher entfernt und auch dadurch die Arbeitsfähigkeit gesteigert (J. RANKE).

An sich haben sonach diese Stoffe, abgesehen von Nebenwirkungen, bei richtigem Genusse nichts Schädliches. Sie werden erst dadurch schädlich und schmerzvoll, wenn der durch sie ermöglichte gesteigerte Kräfte- und Stoffverbrauch nicht durch entsprechende Nahrungssteigerung wieder ersetzt wird. Der Arbeiter, der seine Arbeitsfähigkeit durch Brantwein steigert, ohne den durch gesetzten Verlust wieder ausgleichen zu können, wird das Genussmittel zu Gifte. Es erlaubt ihm längere Zeit von seinem Kraftvorrath, gleichsam sein Capitale selbst zu zehren, während die Natur ihn normaler Weise nur auf den Zinsengenuss desselben beschränkt halten will (LIEBIG), nämlich auf den Verbrauch des kleinen Stoffantheiles, dessen Zersetzung hinreicht, die Chemie des Muskels soweit zu verändern, dass er objectiv ermüdet. Ein solcher Mensch ist in Wahrheit ein Hungernder. Die Abmagerung und Kraftlosigkeit, welche nur durch fortgesetzten Brantweingenuss momentan gehoben werden können, jene unbehagliche, leidenschaftliche Stimmung, welche jede Staatsverwaltung als einen festen Faktor in ihre politischen Berechnungen einzuführen sucht, sind Symptome des Hungers.

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Ge-

nussmittel zeigt eine gewisse Uebereinstimmung. Sie lassen sich nach Gruppen ordnen.

Die erste Gruppe ist diejenige, welche, der Fleischbrühe analog (S. 4) abgesehen von den Nährsalzen, stickstoffhaltige organische Basen enthalten, welchen die Hauptwirkung zugeschrieben werden muss. Es gehören hier die warmen Volksgetränke, in Deutschland der Kaffee, in England der Thee. Sie enthalten den gleichen wirksamen Stoff, das Thein oder Kaffein. Cacaobohnen den sehr nahe verwandten Körper: das Theobromin.

Nach ihren Eigenschaften gehören diese Stoffe zu der Classe der organischen Basen, welche einen grösseren oder geringeren Einfluss auf das Nervensystem, die Muskeln und die Blutcirculation ausüben. Nach ihren Wirkungen in Reihe geordnet, welche mit den organischen Basen der Fleischbrühe und dem Thein und Theobromin beginnt, wirken die Endglieder derselben, das Strichnin, Brucin als die furchtbarsten Gifte, das Chinin, mehr in der Mitte stehend, als die geschätzteste Arznei; die Bestandtheile des Opiums in kleinen Gaben Arzneien, in grösseren Gifte. Der Tabak enthält eine giftige organische, nicht krystallisirbare Basis: das Nicotin. Nach den Angaben von A. BENNET bringen Thein, Kaffein, Guaranin, Cocaïn und Theobromin in kleinen Dosen eine Gehirnreizung mit nachfolgendem theilweisen Verlust der Sensibilität hervor. Grössere Dosen tödten unter Steigerung dieser Erscheinungen zuletzt mit tetanischen und klonischen Krämpfen. C. BIXZ constatirte, (bei Hunden) Kaffein, in kleinen Dosen injicirt, Temperatursteigerung von 0,2 bis 0,4° C. hervorbringt (die angewendeten Dosen waren 0,2—0,5 Kaffein cutan injicirt). Dabei beobachtete er ausser einer gewissen Starrheit der Muskeln »verstärkter Innervation«, kein weiteres abnormes Verhalten. Die flüchtigen Röstprodukte des Kaffee's = Kaffeon (BOURTON und FREMY) sollen dem Kaffee ganz analog wirken (mit letzterem verunreinigt?).

Bei dem Thee und Kaffee als Getränken kommen auch noch die nicht bedeutenden Mengen anorganischer Stoffe in Betracht, welche in den Aufguss oder Absud eingehen. Es geben 100 Gewichtstheile Theeblätter (Souchong) mit siedendem Wasser ausgezogen 15,536 Gewichtstheile trockenen Extrakt, worin 3,06 Theile Asche = 19,69% des Extraktes sich finden. 100 Gewichtstheile geröstete Kaffeebohnen lieferten mit Wasser ausgekocht 24,52 Theile Extrakt mit 3,41 Theilen Asche = 16,6% des Extraktes. Der Theeaufguss ist besonders reich an gelösten Eisen- und Mangansalzen, welche sich aber in Verbindungen darin vorfinden, in denen die Gerbsäure (die sich sonst mit Eisen zu dem Schwarz der Tinte vereinigt) ohne alle Wirkung ist. Diese wenn auch kleine Eisenmenge kann, da die Natur für den Menschen lösliche Eisenvorbindungen verlangt, nicht ohne Einfluss auf die vitalen Vorgänge sein. LIEBIG ist darauf aufmerksam, dass wir in dem Eisengehalte der meisten Theesorten den wirkenden Bestandtheil der wirksamsten Mineralquellen geniessen. Im Uebrigen sind die Aschenbestandtheile der Blutasche analog zusammengesetzt, alle im Uebrigen vorkommenden Stoffe sind auch hier vertreten, besonders eine bedeutende Menge von Alkalien. In der Theeasche findet sich in ziemlicher Menge Natrium, das im Kaffee fehlt und durch Kali ersetzt wird, wodurch dieser hygienisch und physiologisch einen höheren Werth erhält.

Zweite Gruppe. Die bisher genannten Genuss- und Nervenreize

nd in ihrer allgemeinen Verbreitung auf dem Kontinent verhältnissmässig neu. alt sind dagegen die alkoholischen Getränke, welche ihre Stelle in der Mehrzahl der Beziehungen zu ersetzen vermögen.

Der Alkohol wird zumeist aus Stärkemehl dargestellt, nachdem es erst in gährungsfähigen Zucker übergeführt wurde. Ausser Alkohol finden sich im Weine noch für das Leben wichtige anorganische Salze. Der Hauptwerth der alkoholischen Getränke fällt aber nicht auf ihre etwaige Mitwirkung zur Ernährung; schon ihr Preis zeigt im Vergleiche zu anderen Nahrungsstoffen, wie ungemein viel werthvoller sie für den Menschen sein müssen, als sich aus den chemischen Elementen, die sie zusammensetzen, berechnen lässt. Der Alkohol hat eine ganz analoge Wirkung auf das Nervensystem wie die bisher besprochenen Narkotika. Bei dem Branntwein kommt seine Wirkung allein in Frage. Neben den für die Narkotika in Betracht kommenden Wirkungen hat er einen directen Einfluss auf die Magenschleimhaut, wodurch das Hungergefühl (cf. dieses) herabsetzt.

Bei dem edlen Weine richtet sich der Werth nicht nach dem Alkoholgehalt. Der Weingeist kommt bei der Werthbestimmung zwar stets in Betracht, aber der Preis steht in keinem Verhältniss mit ihm, weit eher steht er im Verhältniss zu den nicht flüchtigen Weinbestandtheilen. Es sind diese vorwiegend Nahrungbestandtheile, Blutsalze (LIEBIG). Es ist bekannt, dass der edle Wein in seiner belebenden Wirkung der Fleischbrühe direct anschliesst, sie bezieht in beiden Fällen zum Theil auf denselben chemischen Grunde.

Das Bier, welches immer mehr ein Volksgetränk der ganzen Welt wird, ist keine Nachahmung des Weines, aber eine in manchen Beziehungen verbesserte. Das Bier enthält nur eine verhältnissmässig kleine Menge Alkohol, sondern Kohlensäure, Zucker, Gummi, welche die grösste Menge der gelösten Stoffe ausmachen, dann Bitterstoffe und die aromatischen Stoffe des Hopfens, den Rest von Kleberbestandtheilen, Fett, Milchsäure, Ammoniakverbindungen und die mineralischen Bestandtheile, welche aus der Gerste und dem Hopfen in das Bier übergehen. Es kann somit dem Biere eine gewisse Nahrhaftigkeit im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes nicht abgesprochen werden, wenn auch sein Werth dadurch sicher nicht bestimmt wird, ebensowenig wie nach dem Alkoholgehalt. Ohne Zweifel haben wir in dem Biere eines der gelungensten Ersatzmittel des Fleischextraktes vor uns. Die Mehrzahl der Stoffe, welche wir dort wirksam fanden, finden wir auch hier wieder, was wir zum Lobe jenes Stoffes zu sagen haben, müssen wir hier wiederholen. Nur kommt hier noch der Alkohol mit seinen Nebenwirkungen auf das Gehirn in Betracht, der in mancher Beziehung das Bier vor dem Fleischextrakt noch auszeichnet. So wird es verständlich, wie es so vortreffliche Wirkungen auf die Ernährung hervorzubringen vermag, welche in keiner Beziehung mit einem aus den organischen Bestandtheilen zu berechnenden Nahrungswerthe übereinstimmen. MITSCHERLICH fand in 100 Theilen Asche eines untergährigen Bieres: 40,8 Phosphor 20,0, phosphorsaure Bittererde 20,0, phosphorsauren Kalk 1, Kieselerde 46,6 Gewichtstheile. Es fällt bei dem Biere der enorm grosse Gehalt an phosphorsaurem Kali auf, ein Salz, welches wir als ein Hauptagens der Fleischbrühe erkannt haben. Ohne Zweifel hat es einen Antheil an den nervenerregenden Wirkungen, welche wir vom Biergenuss bei Schwächezu-

ständen in so hohem Maasse ausgeübt finden. Die grosse Menge von Kali, welche durch das Bier in das Blut gelangt, ist sicher daran schuld, dass übermässiger Biergenuss so stark ermüdende Wirkungen erzeugt. Der an phosphorsaurem Kali verdankt das Bier seine bedeutende Wirkung auf die Bildung von Organstoffen, die fast jeder Bierländer an seinem Leibe zu trägt und die dem Biere (Malzextrakt) eine so hohe Wirkung als Heilmittel für Reconvalescenten und Schwache ertheilt (cf. Einfluss anorganischer Stoffe auf die Ernährung). Die Kalisalze gehen durch das Blut in das Gewebe über, wo man sie bei Biertrinkern in erhöhter Menge antrifft.

**Die Gewürze**, welche den Speisen zugesetzt werden, haben nicht den Zweck, den Geschmack der Speisen zu verbessern, vor Allem haben sie die Aufgabe, auf die Absonderung der Verdauungssäfte steigernd zu wirken. Der sensible Reiz, den sie auf die Schleimhäute ausüben, mehrt reflectorisch die Drüsensekretionen.

Wir sehen daraus, dass wir eine Reihe von Stoffen ihren physiologischen Wirkungen nach unter die Gewürze zu rechnen haben, welche man gewöhnlich nicht hierher zieht. Die starken Geschmacksreizstoffe, welche durch das Kochen und Rösten des Fleisches erzeugt werden, wie die schmeckenden Stoffe in der Brotrinde, gehören zu den stark wirkenden Gewürzen.

Die schädlichen Wirkungen des Alkoholgenusses sind bekannt. Die Körpertemperatur, sowie Kohlensäure und Harnstoffausscheidung werden herabgesetzt; es kommt bei jugendlichen Säufern, ehe eine chronische Dyspepsie sich eingestellt hat, Neigung zu gesteigerten Fettansatz. Der Alkohol hat sonach eine deutliche Einwirkung auf den Stoffwechsel, den man wohl mit der Wirkung kleiner Dosen von Arsenik vergleichen kann. H. HEUBACH, BINZ und AUG. SCHMIDT konnten die oft gemachte Behauptung (neuerdings von ALBERTONIE LUSSANA), dass durch die Respiration und den Harn ein Theil des aufgenommenen Alkohols unverändert ausgeschieden werde (SUBBOTIN), nicht bestätigen. Der Schnaps besteht aus dem Fuselöl. Das letztere (Amylalkohol) kommt bei dem Schnaps als schädliche Beimischung vor. Die schädlichen Wirkungen von Thee und Kaffee (Chokolade) werden vielfältig übertrieben. Solche zeigen sich besonders bei sitzender Lebensart, schlechter Ernährung, Neigung zu Verdauungsbeschwerden etc., ohne dass man die betreffenden Getränke für diese Leiden beschuldigen dürfte. Mit dem Aufgeben des Thees und Kaffees ist meist noch wenig erreicht, wenn nicht die Lebensweise grundlegend geändert wird. Doch muss man auch hier individualisiren. Bewegung im Freien, mässige sonstige Nahrung bleibt immer die Hauptsache. An Stelle von Thee und Kaffee können nervös gereizten Personen am Abend gutes Bier aus den oben gegebenen Gesichtspunkten gegeben werden (Ueber Alkohol cf. auch thierische Wärme.)

Verfälschungen der Genussmittel zu ermitteln wird selten Aufgabe des Arztes sein. Einiges wurde schon oben erwähnt, was sich auf zufällige Beimischung von giftigen Substanzen bezieht (Blei, Kupfer). Das Kaffeesurrogat wird hier und da in Papierpackungen, die mit Mennige (Blei) gefärbt ist, verkauft. Eisenvitriol dient zur Färbung der Kaffeebohnen, ist aber unschädlich. Der chinesische Thee wird am häufigsten mit den Blättern der Schlehdorn, schwarzen Hollunders, Esche, Süssholzbaum und tropischen Verbenaceen verfälscht, an sich unschädliche Beimischung, die Betrachtung der in heissem Wasser gequollenen Blätter erkennen lässt. Die Blätter der Thea chinensis sind kurz gestielt, elliptisch, länglich oder eiförmig, meist gesägt, glänzend, den Kirschblättern ähnlich. Eichenrinde, Pechholz, Berlinerblau, Thon, Catechu dienen neben Kupferlösung und selbst Mennige zur Verfälschung durch Färbung des grünen Thees.

## Fünftes Capitel.

### Die Gesetze der Ernährung.

---

Es gibt im äusseren Leben für das persönliche Interesse keinen wichtigeren Gegenstand, der so sehr in alle übrigen Verhältnisse einschneidet, als die Frage nach dem »täglichen Brod«. Die Frage, welche die eigentliche Lebensfrage für den Einzelnen ist, ist dieses auch für die Verwaltung und Erhaltung des Staates. Die nothwendige Beköstigung der stehenden Heere, wie die Ernährung in den Erziehungs- und Correctionsanstalten, alle jene Einrichtungen, welche die zeitweilige Ernährung einer grösseren Anzahl von Individuen, die in dieser Hinsicht ihrer eignen freien Willkür entzogen sind, nothwendig machen, die Nahrungsversorgung der Grossstädte und Fabrikbevölkerungen etc. drängen zu diesem Ausspruch.

Für jeden Einzelnen gewinnt, sowie für den Arzt, die Wahl der Nahrung in Krankheitsfällen eine noch erhöhte Bedeutung. Wenn schon häufig in gesunden Tagen der Arzt in dieser Beziehung zu Rathe gezogen wird, so wird die Ernährungsfrage noch bedeutungsvoller bei Kranken, bei denen ihre Beantwortung vorher nicht geahnte Schwierigkeiten stösst, hervorgehend aus dem absoluten Mangel an Appetit, aus dem subjectiven Widerwillen gegen nur einzelne Nahrungsmittel, oder gar aus der Unfähigkeit, Nahrung zu verdauen und zu assimiliren; oft werden durch die Nahrungsaufnahme an sich die Krankheitserscheinungen noch gesteigert. In derartigen Fällen kann nur eine vollkommen richtige Kenntniss der physiologischen Ernährungsgesetze eine sichere Richtschnur für das Eingreifen des Arztes sein, und gewiss wird Derjenige die besten Behandlungsergebnisse erzielen, der es versteht, auch unter solchen schwierigen Verhältnissen das Leben zu erhalten: nicht wenige Kranke sterben in Folge ungenügender Nahrung. Bei vielen Patienten nehmen die Symptome des speciellen Leidens mit der zunehmenden Stärkung des Allgemeinbefindens, hervorgehend aus passender Ernährung, ab, in dem gleichen Grade, wie sie durch Nahrungsmangel sich steigern. Hiervon sind sicher nur wenige Krankheiten ausgenommen, weit weniger als die Schulweisheit auch der neueren ärztlichen Praxis sich träumt. Ich deute an dieser Stelle nur auf die Herzleiden hin, die in so hohem Maasse mit der Schwächung der Gesamtmuskulatur an Intensität und Gefahr für das Leben zunehmen; der schlecht ernährte, schlaffe Herzmuskel ist nicht im Stande, die Hindernisse im Mechanismus durch gesteigerte Thätigkeit auszugleichen, während es bekannt ist, dass Herzfehler



von muskelkräftigen Personen ganz ohne Störung ihres Allgemeinbefindens tragen werden können. Ebenso steht es fest, dass mangelhafte Ernährung des Muskelsystemes, auch ohne andere organische Störung des Herzens Schwächung seiner Muskulatur, alle Symptome eines Herzleidens vorzutäuschen vermag.

Diese Betrachtungen drängen uns zu der Grundfrage:

### Was ist nahrhaft?

Die Antworten, welche auf diese Frage gegeben werden, sind äusserst mannigfaltig und nirgends gehen die Meinungen in so hohem Grade aus einander als hier, während man doch denken sollte, dass die uralte Erfahrung des Menschengeschlechts die Aufgabe mit aller Sicherheit und Präcision schon längst müsste gelöst haben. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen sehen, dass wir dem Volksinstinkte Unrecht thun würden, wenn wir ihm ein sichere Kenntniss in dieser Richtung absprechen wollten; wir werden erstaunen in welcher mannigfachen Kombinationen die Ernährungsgesetze, welche die experimentelle Wissenschaft ihren neuesten Erfahrungen gemäss aufgestellt hat, in der Volksnahrung von je her zur Anwendung gelangen. Ganz anders aber fällt das Urtheil der Wissenschaft über die noch heute übliche Ernährungspraxis der ärztlichen Routine aus. Veranlasst von Vorurtheilen werden noch heute hier Fehler gemacht, welche zeigen, wie vollkommen eine wissenschaftliche Halbbildung den einfachen gesunden Menschenverstand zu verdunkeln vermag.

Wenn wir unsere Grundfrage: was ist nahrhaft? stellen, so bekommen wir von der Mehrzahl der Gefragten eine Antwort, in welcher uns eine Anzahl von Nahrungsmitteln zusammen genannt werden.

Man würde hören können, dass z. B. Fleisch sehr nahrhaft sei, dass auch Schwarzbrot in dieser Richtung nicht zu verachten wäre; für Kinder gebe es kaum etwas Nahrhafteres als das Stärkemehl der Pfeilwurzel: Arrow-root, doch sei auch Rothwein oder Bier anzurathen, ebenso Chinin und Leberthran; für Kranke und Schwache gäbe es dagegen nichts Nahrhafteres als die Fleischbrühe oder noch besser das Fleischextrakt, welches die concentrirte Nahrhaftigkeit des Fleisches in sich enthält; der mit Salzsäure nach LIEBIG's Vorschrift gefertigte Fleischauszug — Infusum carnis f. p. — würde stehe den Kranken gewöhnlich sehr bald und lasse sich ja auch durch das Fleischextrakt einfach ersetzen. Fast jedes Wort in dem vorstehenden Satz ist falsch! und doch kann nicht geläugnet werden, dass in der Uebersahl der Fälle die Antwort auf unsere Frage in der hier vorgetragenen Weise ausfallen würde.

Es mag paradox klingen, es ist aber wahr, wenn wir dagegen behaupten, dass alle diese genannten Stoffe für sich nicht nahrhaft sind.

Oder stimmt es mit dem Begriffe der Nahrhaftigkeit eines Stoffes überein, wenn wir vom Fleische auf das schlagendste experimentell nachweisen können, dass wir kaum im Stande sind, den Menschen mit reinem fettfreiem Fleische zu ernähren? er würde dazu eine so enorme Menge bedürfen, in 24 Stunden etwa 2,5 Kilo, welche kein Magen zu verdauen, kein Appetit ohne den gewaltigsten Ekel öfter als einmal zu verzehren vermag; etwa das gleiche Gewicht von Roggen



und würde erforderlich sein, einen Menschen zu erhalten, von Kartoffeln würden ihm erst 6 Kilo genügen! Noch schlimmer verhält es sich mit anderen der genannten Stoffe: es steht fest, dass ein Individuum, welches allein mit Arrowroot oder Leberthran, diesen so allgemein angelobten Nahrungsstoffen, ernährt werden sollte, unumgänglich dem langsamen Hungertode verfallen würde, dasselbe gilt von dem mit Salzsäure bereiteten Fleischauszug. Was soll aber nunst gegen den Rest der aufgezählten Substanzen gesagt werden? Das Urtheil der Wissenschaft über die Nahrhaftigkeit der Fleischbrühe, sowie des Fleischtraktes, hat schon der Wichtigkeit dieses Gegenstandes entsprechende Erörterung gefunden; Wein und Chinin können, wie die Fleischbrühe, den Stoffverbrauch des hungernden Organismus allein genossen nur steigern; sie sind also in dieser Hinsicht das genaue Gegentheil zur Ernährung dienender, dem Organismus seine Stoffverluste ersetzender Substanzen!

Der Grund, warum wir uns so entschieden gegen die gewöhnliche Annahme über »nahrhaft« aussprechen müssen, ist leicht aus dem schon bei der Besprechung der Nahrungsmittel Gesagten zu entnehmen. An sich ist für den Menschen kein einzelner Nahrungsstoff zur Ernährung hinreichend, es kann kein einzelner also auch nicht als »nahrhaft« bezeichnet werden. Es steht fest, dass der Organismus in seine Nahrung Albuminate bedarf, wir sehen aber, wie allgemein unvorthailhaft eine Ernährung allein mit diesem Nahrungsstoffe — z. B. mit fettfreiem Fleische — sein würde, wenn auch die chemisch-physiologische Theorie die Möglichkeit einer Bestreitung aller Bedürfnisse an menschlicher Nahrung allein durch Eiweissstoffe lehrt. Es darf dabei die eben gemachte Bemerkung nicht vergessen werden, dass für den Menschen der Ekel vor dem Nahrungübermaasse und das Gefühl der Magentüberladung schon früher die Grenze für die Aufnahme zieht, als die zur Erhaltung des Organismus nöthige Fleischmenge aufgenommen ist.

Dass durch Stärkemehl oder Fett der Gesamtverlust des Organismus nicht gedeckt werden kann, liegt auf der Hand — es fehlen vor Allem diesen Stoffen Albuminate, aber auch die Salze und das Wasser. Dasselbe gilt mit den übrigen Einschränkungen in Beziehung auf den Salz- und Wassergehalt, in welchem erhöhtem Maasse für Wein, Bier, Branntwein, Fleischbrühe und Fleischtrakt.

Die Theorie der Ernährung verlangt eine Mischung der einfachen Nahrungsstoffe und nur solchen Nahrungsgemischen kann eine wirkliche Nahrhaftigkeit zugesprochen werden. Damit also ein Stoff nahrhaft genannt werden kann, muss er, abgesehen von den Salzen und dem Wasser, wenigstens Eiweissstoffe und entweder Fett oder Kohlehydrate: Zucker, Stärkemehl etc. enthalten, oder auch beide letztere Stoffgruppen neben den Eiweissstoffen. Es können also z. B. die Milch, die Eier in Wahrheit als nahrhafte Stoffe bezeichnet werden, weil in ihnen die gemachten Anforderungen wirklich sind. Aber wenn sich auch einige Beispiele finden lassen, auf welche die Bezeichnung »nahrhaft« anwendbar erscheint, so möchte es doch abzuziehen sein, diesen veralteten Begriff, der zu so vielfältigen Missdeutungen Veranlassung gibt, gänzlich aufzugeben. Denn auch die eben angeführten Beispiele passen doch nur sehr uneigentlich. Was für eine enorme Menge von Milch würde nöthig sein (4,5 Kilo), um einen Erwachsenen davon

einen Tag lang zu ernähren, da sie 88—90 % Wasser enthält, so dass 100—120 Grm. feste Stoffe ausser dem Wasser in einem Kilo Milch werden? Ganz ähnlich verhält es sich mit den Eiern. MAGENDIE berichtet, dass ein gesunder, junger Hund mit 12—15 hartgekochten Eidottern ernährt werden liess, ein Mensch bedarf zur vollkommenen Ernährung mit Eiern 40 Stück.

Dabei muss noch sogleich in die Augen springen, dass für verschiedene Individuen je nach Alter und Beschäftigungsweise etc. der Begriff der Nahrungshausigkeit sehr wechselnd sein müsste, für alle einzelnen Körperzustände müssen wir ihn entsprechend modificiren. Ein jugendlicher Organismus, der zum Wachsthum, zum Ansatz von Stoffen im Allgemeinen eine andere Nahrungsgemischtes als der Körper eines Arbeiters, dessen Muskelsystem Alles in Anspruch genommen wird und daher eine überwiegende Ausnahrung verlangt.

Die Körperzustände in Beziehung auf die quantitative Verhältnisse der Organe sind individuell sehr verschieden. Sie hängen von der Art der Ernährungsweise, welche vorausging. Es muss immer berücksichtigt werden, ob man sich die Aufgabe setzt, den bestehenden Körperzustand zu erhalten oder in einen anderen zu verändern. Danach wird es sich richten, wie wir eine Nahrung für das betreffende Individuum passend finden oder nicht.

Und wie mannigfach modificiren sich diese Verhältnisse in Krankheiten?

Die Organwägungen von E. BISCHOFF, die quantitativen Verhältnisse der Organe in Beziehung zum gesammten Körpergewicht, geben wenigstens für einige verschiedene Körperzustände Vergleichungspunkte. E. BISCHOFF bestimmte die Organgewichte an einem 33 Jahre alten, gut gebauten, starken, 168 cm grossen Hingerichteten, der vollkommen gesund erschien, an einem durch Sturz verunglückten und augenblicklich getödteten Mädchen von 159 cm gross, üppig gebaut, wohlgenährt, ebenfalls gesund. Dieselben Bestimmungen wurden auch an der Leiche eines gesunden fettarmen 16jährigen Selbstmörders, eines neuen Knaben und neugeborenen Mädchens und einer 6monatlichen Frühgeburt. Die Tabelle macht die beobachteten Verschiedenheiten anschaulich:

	Neugebornes				
	Mann:	Weib:	Jüngling:	Knabe:	Mädchen:
Gewicht des ganzen Körpers in Grm.	69668	55400	35547	2400	2969
in Procenten des Körpergewichts.	%	%	%	%	%
das Skelet.	15,9	15,4	15,6	17,7	15,7
die Muskeln.	41,8	35,8	44,2	22,9	23,9
Brusteingeweide.	1,7	2,4	3,2	3,0	4,5
Baucheingeweide.	7,2	8,2	12,6	11,5	12,1
Fett.	18,2	28,2	13,9	20,0	13,5
Haut.	6,9	5,7	6,2		11,8
Gehirn.	1,9	2,1	3,9	15,8	12,2

Die Tabelle lehrt direct, wie verschieden der weibliche Körper von dem männlichen in Beziehung auf Fettreichthum und Muskulatur sich zeigt. Der grössere Fettreichthum des weiblichen Körpers darf nicht als etwas Anormales betrachtet werden. Entsprechende Unterschiede zeigen sich bei Vergleichung des kindlichen neugeborenen Organismus mit dem des Erwachsenen und des ersteren mit dem noch Ungeborenen. Noch weiter ins Einzelne von BENEKE die Organwägungen ausgedehnt und hiebei physiologisch weitergetragen.

enzen gefunden. (cf. seine Resultate Cap. X. Blutvertheilung resp. anatomische Grundlagen der Constitutionen).

Aus den Wasserbestimmungen, die E. BISCHOFF an den Organen des Hingerichteten und des neugeborenen Mädchen anstellte, ergibt sich, dass der Körper des Erwachsenen besteht aus:

58,5% Wasser und 41,5% festen Theilen,

der Körper des Neugeborenen aus:

66,4% Wasser und 33,6% festen Theilen.

Der Erwachsene wog im Ganzen:

69668 Gramm = 40709,4 Wasser und 28958,6 feste Theile;

von dem Wasser treffen auf:

Muskeln . . .	22027,4 Gramm = 75,7%
Fett . . .	8760,6 - = 28,9 -
Haut . . .	3493,5 - = 72,0 -
Blut . . .	2836,9 - = 83,0 -
Leber . . .	4076,0 - = 69,8 -
Gehirn . . .	4027,0 - = 75,0 -

Die Muskeln des Neugeborenen hatten: 81,8% Wasser; das Gehirn 89,4%, Blut 85%.

Es wäre interessant, ähnliche Bestimmungen für noch weitere Körperzustände zu machen. Besonders bei Krankheiten würden sie uns einen Einblick in die nothwendigen Voraussetzungen einer für den speciellen Fall zweckentsprechenden Ernährungsweise geben können.

G. v. LIEBIG findet, dass das Gehirn unabhängig von der Körpergrösse bei normalen erwachsenen Personen annähernd das gleiche absolute Gewicht besitze. Das Herz zeigt sich dagegen in ausgedehntestem Maasse in seinem Gewichte von den Schwankungen des Gesamtkörpergewichts abhängig (cf. unten bei Constitution und Constitutionsdifferenzen.)

## Die Bedeutung der Nährstoffe.

Die Hauptaufgabe der Ernährung ist es, den Körper in einen leistungsfähigen Zustand zu versetzen oder in einem solchen zu erhalten. Die Leistungsfähigkeit der Organe hängt von der normalen Zusammensetzung ab; die Aufgabe der Ernährung lässt sich sonach dahin definiren, dass sie den Körper in seiner chemischen Zusammensetzung zu erhalten oder diese in einer bestimmten Weise zu verändern habe. Wir stellen sonach als erste Hauptfrage: was und wie viel muss in der Nahrung zugeführt werden, um den leistungsfähigen normal zusammengesetzten Körper des Menschen, bei Körperruhe wie bei gesteigerter Muskelarbeit, in einem Bestande an Wasser, Aschenbestandtheilen, Fett und Eiweiss zu erhalten und zwar auf die einfachste und beste (sparsamste) Weise. Wollen wir eine Veränderung in der Körperzusammensetzung, z. B. bei abnormer Magerkeit oder Fettleibigkeit hervorbringen, so müssen wir unsere Grundfrage entsprechend modificiren.

Richten wir zunächst unsere Aufmerksamkeit auf eine Erhaltung des Bestandes, so ergibt sich sofort die Nothwendigkeit, den fortwährenden sensiblen und insensiblen Wasserverlust des Körpers durch directe oder indirecte Wasserzufuhr zu decken.

Ebenso müssen wir jeden zum Aufbau der Organe und zu der chemischen Mischung der Organflüssigkeiten nothwendigen anorganischen Stoff (Aschenbestandtheil) in der Nahrung aufnehmen, damit der Organismus nicht an einem derselben verarmt. Jeder von ihnen ist für die Erhaltung des Lebens nothwendig und der Organismus geht an »Salzhunger« oder »Hunger« an einem bestimmten nothwendigen Aschenbestandtheile ebenso zu Grunde, wie an Mangel an organischen Nährstoffen oder Wasser. Trinkwasser und rationelle Nahrung führen uns in den meisten Fällen für das Leben genügende oder überreichliche Mengen an diesen Stoffen zu.

Um eine Fettverarmung des Körpers zu verhüten, wird Fett direct genossen, welches an

Stelle verbrauchten Körperfettes sich in den Organen ablagern kann. Durch die Kohlehydrate der Nahrung kann man die Fettabgabe des Körpers verhüten und Fettansatz ermöglichen, Eiweiss kann zu demselben Zwecke dienen, ebenso Leim.

Da der animale Organismus beständig Eiweissstoffe zersetzt und Eiweissstoffe aus anderen chemischen Stoffen nicht zu bilden vermag, so muss er zur Erhaltung seines Eiweissgehaltes eine bestimmte Menge von Eiweissstoffen in der Nahrung einführen. Von Eiweissstoffen allein bedarf man sehr viel, um die Abgabe von Albuminaten von Seite des Körpers ganz aufzuheben. Geniesst man z. B. neben Albuminaten (und den genügenden Salz- und Wassermengen) noch Fette, Kohlehydrate oder Leim, so werden letztere Stoffe im animalen Organismus zwar selbst nicht zu Eiweissstoffen und heben den Verbrauch von Albuminaten niemals vollkommen auf, sie können denselben aber in der wesentlichsten Weise beschränken.

Die einfachste Mischung der Nährstoffe, in welcher in der geringsten Gewichtsmenge die zur Erhaltung nöthigen Stoffe eingeführt werden, ist: Butterbrod mit Fleisch.

### Zur Entwicklung der Ernährungslehre.

Die Sorge um die tägliche Ernährung, zu welcher Hunger und Schwäche bei mangelnder Nahrung den civilisirten Menschen wie den Wilden mit gleicher unabweisbarer Nothwendigkeit hintreibt; die Erfahrung, die so alt ist wie das Menschengeschlecht, dass ein Uebermaass der Nahrung und unzweckmässige Nahrungsmittel mit der Erhaltung der Gesundheit ebenso unverträglich sind wie Hunger; dass in Zuständen von Krankheit und Schwäche, bei dem Wechsel der Beschäftigungen und äusseren Lebensbedingungen, dass bei Verschiedenheiten in den Lebensaltern dieselben Ernährungsweisen von mangelhafter oder sogar schädlicher Wirkung werden, die unter anderen Umständen unschädlich oder sogar vorzugsweise zuträglich erscheinen, lenkten früh die Aufmerksamkeit der Denker den Ernährungsfragen zu. Wir finden in den ältesten Ueberlieferungen gebildeter Völker, z. B. der Inder, der Hebräer, der Griechen, die Ernährungslehre der Stufe des damaligen naturwissenschaftlichen und praktischen Wissens angepasst, mit wahrhaft überraschender Sorgfalt ausgebildet. Es waren, wie wir sehen, zunächst diätetische Fragen, die sich bei der Wahl unter den gegebenen Nahrungsmitteln aufdrängten, und die alte Ernährungslehre geht zunächst auf in einer Diätetik, die für die verschiedenen Lebensverhältnisse bis in's Einzelne ihre Regeln aufstellt.

Dem Beobachtungsgeiste der Griechen entsprach es, über das »Was« auch das »Warum« nicht zu vergessen. Man fragte nach den tieferen Bedürfnissen, denen durch die fortgesetzte Nahrungsaufnahme genügt werden sollte. Wir erstaunen, wenn wir in den Aussprüchen von ARISTOTELES und HIPPOKRATES einer Unterscheidung zweier Zwecke begegnen, denen die Aufnahme der Nahrungsstoffe genügen soll, einer Unterscheidung, die wir in analoger Weise unseren fortgeschrittenen Detailkenntnissen angepasst, im Allgemeinen ebenfalls noch festhalten. ARISTOTELES unterscheidet, abgesehen davon, dass die Nahrung zum Körperwachsthum erforderlich ist, Stoffabgabe (Abgabe von Flüssigkeiten durch die Haut), für welche die Nahrung Ersatz zu leisten habe, und Wärmeabgabe (vorzüglich in der Athmung), für deren Unterhaltung ebenfalls die aufgenommenen Nahrungsstoffe dienen sollten. In Beziehung auf die Ausscheidungen durch Nieren und Darm erkannte er die hohe Abhängigkeit, die sie von der jeweiligen wechselnden Nahrungsaufnahme zeigen, er sah in ihnen, wie wir zum grössten Theil noch heute, das zur Ernährung des Körpers Unbrauchbare der aufgenommenen Nahrungsstoffe (das Bittere), dessen sich der Organismus wieder entledigt. HIPPOKRATES spricht von der Flüssigkeitsabgabe durch die Haut und ihren insensiblen Ausscheidungen. Aus seinen Aussprüchen geht deutlich hervor, dass man schon damals als Hauptursache des Verbrauchs der Körperstoffe bei mangelnder Nahrungsaufnahme ganz in unserem Sinne die fortschreitende Wärmeabgabe des menschlichen (animalen) Organismus (wir pflegen dafür einen der chemischen Gründe der Wärmeerzeugung, Oxydation, anzuführen) erkannt hatte. Dieser Verbrauch an Wärme- (bildendem) Stoff des Körpers sollte durch die Nahrung ersetzt werden.

Er sagt z. B.: die wachsenden Körper enthalten die meiste natürliche Wärme eingepflanzt, sie erfordern daher die meiste Nahrung, sonst zehren sie ab. HIPPOKRATES suchte in den Nahrungsstoffen ein specifisch »Nährendes«, ein Aliment, das er in analogem Sinne als Bestandtheil der Nahrungsstoffe anspricht, wie man sich seit und nach seiner Zeit die Stoffe aus den sogenannten aristotelischen vier Elementen zusammengesetzt dachte. Er suchte offenbar dieses nährnde Princip in einem oder mehreren dieser Elemente. Denn allgemein dachte man sich, wenigstens seit HIPPOKRATES, als Grundlage aller leiblichen Bildung jene vier im engeren Sinne sogenannten Elemente: Erde, Wasser, Luft und Feuer, wozu die Lehre der Pythagoräer ein fünftes, höchstes Element, den Aether setzte. Auch der leibliche Mensch ist (harmonisch) aus jenen vier Elementen gebildet. »Wenn nach Gottes Geheiss die Seele den erkaltenden Leib verlässt, dann wird das Fleisch wieder zur Erde, der Hauch zur Luft, die Feuchtigkeit kehrt hinab zur Tiefe, die Wärme kehrt zum Aether zurück« (ORIGENES). Die vier gewöhnlichen Elemente erschienen jedoch schon ARISTOTELES keineswegs als das eigentlich Erzeugende der leiblichen Formen, ja überhaupt nicht als letzter Grund des sichtbaren Stoffes. ARISTOTELES nennt als erste Grundlage des Leibes statt jener vier Elemente vier Eigenschaften der Materie (Kräfte): Kälte, Wärme, Trockenheit und Feuchte. Jene vier gewöhnlichen Elemente werden von ihm als Elemente der ersten Ordnung betrachtet, aus ihnen bilden sich als Elemente der zweiten Ordnung die gleichartigen Theile der organischen Körper: Knochen, Fleisch u. s. w., und aus diesen entstehen als Bildungen der dritten höheren Ordnung die verschiedenen Glieder. Dass die Nahrung, wenigstens die animalische, solche Elemente zweiter Ordnung dem Körper zuführt, kann von dem tiefen Einblick in die natürlichen Vorgänge, dem wir hier überall begegnen, nicht verborgen geblieben sein.

Aus den Bildern, welche von den Griechen zur sinnbildlichen Darstellung des Verkehrs der animalen Organismen, vor Allem des Menschen mit der Atmosphäre, überhaupt des Lebensvorganges gewählt werden, geht mit Deutlichkeit hervor, dass sie die Analogie zwischen dem Vorgang des Lebens und dem einer Verbrennung erkannt hatten. Wir finden z. B. bei ARISTOTELES, der die Nothwendigkeit des Verkehrs des Herzens (Blutes) mit den belebenden Kräften der Atmosphäre kannte, an verschiedenen Stellen Andeutungen in dieser Richtung. Das Herz ist ihm der heimatliche Herd, auf welchem verwahrt, wie in fester Burg, das Feuer des Lebens ernährt wird, denn von ihm, dem heissesten Theil des Leibes, geht die Wärme aus, welche bei dem Hauptgeschäft der Seele, zu ernähren und zu bewegen, ein so nothwendiges Erforderniss ist, dass der Tod hauptsächlich durch das Erlöschen der Wärme entsteht. Die nothwendige Beziehung der Athmung (Lunge) zur animalen Wärme hat ARISTOTELES zuerst erkannt (cf. Athmung).

Wir können es aussprechen, dass den anatomischen und chemisch-physikalischen Detailkenntnissen entsprechend die wissenschaftliche Ernährungslehre der damaligen Zeit den Vergleich mit der unseren nicht zu scheuen braucht.

Die Forschung über den menschlichen Organismus baute zunächst auf der Grundlage fort, welche der Begründer der naturwissenschaftlichen Methode, ARISTOTELES, vor Allem gelegt hatte, es war die vergleichende Anatomie und die Anatomie des menschlichen Körpers. Man suchte mit dem glänzendsten Erfolge die Verrichtungen, »den Nutzen« der einzelnen Organe durch Vergleichung zu erkennen, auf welchem Wege schon ARISTOTELES selbst zu bedeutenden Fortschritten gelangt war und der noch unsere Zeit immer neuen Erfolgen zuführt. In Beziehung auf chemisch-physikalische Anschauungen sehen wir die Theorien über die Vorgänge im Organismus dagegen nur langsam sich entwickeln. Noch über ein halbes Jahrhundert später finden wir bei CLAUDIUS GALENUS, dem grössten Arzt und Physiologen seiner Zeit, die alten aristotelischen Anschauungen wieder, nur gleichsam aus der begeisterten Sprache der Poesie in die alltägliche, bürgerliche Ausdrucksweise übertragen. Die oben citirten Aussprüche seines Meisters über Herz und Lungen im Zusammenhang mit der thierischen Wärme fasst er in das prosaische, nicht einmal ganz passende Bild einer Lampe zusammen: »das Blut spielt die Rolle des Oels, das Herz des Dochts, und die athmende Lunge ist ein Instrument (Blasebalg), welches die äussere Bewegung zuführt«.



Es ist klar, dass wir für die Erklärung der chemisch-physikalischen Vorgänge, welche der animale Körper zeigt, also zunächst vor Allem seiner Wärmebildung von den Denkern immer die Anschauungen und Ausdrucksweisen benutzt finden, welche sich die Zeit zur Erklärung und Bezeichnung chemischer und physikalischer Vorgänge gebildet hatte. Welches schon vor den Zeiten des CALIGULA, der aus Auripigment Gold machen wollte, wovon PLINIUS berichtet, wurde die Chemie durch das Bestreben, unedle Metalle zu edlen, namentlich Gold zu machen, zuerst als praktische Wissenschaft geschaffen und entwickelt. Freilich mögen in den ägyptischen Büchern über die Scheidekunst des Goldes und Silbers, welche DIOCLETIAN im Gegensatz zu den vergeblichen Versuchen der Goldmacher zu verbrennen gebot, schon manche specielle chemische Erfahrungen niedergelegt gewesen sein.

Es schloss sich an die Annahme von vier sinnlich wahrnehmbaren Elementen oder »Müttern« sehr bald die Lehre der Alchymisten an von den drei Grundstoffen oder Grunddingen Schwefel, Salz und Quecksilber, für welche beide letzteren auch Arsenik und Erde genannt werden. Sie werden auch in gewissem Sinne unseren »Kräften« analog als Hauptbedingungen aller körperlichen Formung aus den vier Elementen betrachtet. In diesen Grunddingen der Alchymisten setzte man eine Art von Individualität voraus, denn jedes Metall hatte seinen eigenen Schwefel, sein besonderes Salz u. s. f. Die späteren Chemisten des Mittelalters nahmen auch eine Zusammensetzung des menschlichen Leibes wie der Metalle nicht bloß aus den »vier Müttern«, sondern nächst diesen aus den drei Grunddingen an. Damit hängt es zusammen, dass das grosse »Arcanum«, nach dem sie suchten, nicht nur schlechtes Metall in Gold verwandeln, sondern auch die Universalmedizin sein sollte. — So scheinen das erste Eingreifen und die Fortschritte der Chemie, auf denen unsere jetzige Anschauung basiert, zunächst in einem Rückgang in den wissenschaftlichen Fragen verbunden zu sein, aber indem sich eine wissenschaftliche Betrachtung ein neues Erklärungsprincip, das chemische, aneignete, so ist wir in diesem scheinbaren Rückschritt, der über dem Eindruck der neuen, halbverstandenen Erfahrungen das Altgewusste zu vergessen scheint, den Beginn einer neuen, fortgeschrittenen Zeit. Die Chemie sammelte als Alchemie eine Summe von Erfahrungen, eine erstaunliche Menge von Versuchen wurde gemacht. Das dort Neugewonnene übertrug man sogleich auf das Gebiet der Physiologie. Chemische Vorgänge, bei denen sich Wärme ohne Feuererscheinung entwickelte, schienen noch tauglicher zur Erklärung der animalen Wärme als das aristotelische Feuer. Man fasste die Vorgänge, bei welchen, wie bei der Gährung zuckerhaltige Flüssigkeiten, Gasentwicklung und Wärmebildung ohne Feuererscheinung beobachtet wurde, unter der allgemeinen Bezeichnung »Gährung« zusammen und rechnete hierzu alle diejenigen Prozesse, bei denen, wie z. B. bei der Einwirkung von Säuren auf kohlensaure Alkalien und Erden, oder auf Metalle, eine Zersetzung ohne Anwendung höherer Wärmegrade erfolgte.

Nach PARACELSUS' Ansicht zerlegt der »Archäus« (chemische Kraft und Lebenskraft) im Magen die Speisen in die Essenz, das Gute, und in das Unbrauchbare, Giftige, das Böse. Letzteres wird als schädliches Exkrement im Harn, Koth und Athem ausgeschieden, ersteres dient zum Ersatz der fortwährenden Organverluste.

Die Iatrochemiker dachten sich diese Stoffverluste des Körpers, zu deren Ersatz die Nährstoffe eingeführt werden, unter dem Einfluss ihrer »Gährungen« eintreten. Zu Gährungen der Art schien durch das Zusammentreffen verschiedenartiger Flüssigkeiten im Körper wie des alkalischen Blutes mit dem sauren Inhalt des Magens, der dem Blute zugeführt wird (Milchsaft), reichlich Gelegenheit gegeben. Die »Essenz« des PARACELSUS, gleich dem hippokratischen Aliment, ist für sie der gährungsfähige Schleim, den alle Nahrungsstoffe enthalten sollen.

Die Mechanik hatte sich in stetigem Gang neben ihrer jüngeren Schwester, der Chemie, fortentwickelt. Das Problem des Lebens suchten beide Wissenschaften mit den ihnen zu Gebote stehenden Hilfsmitteln zu lösen. Aerzte schlossen sich diesen Bestrebungen an, es entstanden die sich bekämpfenden Schulen der Iatrochemiker und Iatromathematiker, deren



reit oft an die Diskussionen unserer Tage zwischen den analogen Richtungen in Physiologie und Medicin erinnert.

Während die chemische Schule nach Analogien tastend das Leben aus den ihr gerade bekannten chemischen Vorgängen zu erklären suchte, war die mathematisch-physikalische Betrachtungsweise, die Iatromathematik, zu den schönsten Erfolgen in Beziehung auf die Theorie der mechanischen Bewegungen des Organismus und im Organismus des Menschen und der Thiere gelangt. Man konnte den Versuch wagen, das Problem der menschlichen Arbeitsthätigkeit mechanisch-experimentell zu lösen, und HELMHOLTZ macht mit Recht darauf aufmerksam, dass wir von diesem Gesichtspunkt die kunstreichen Automaten aufzufassen haben, welche man baute und die, wie die fliegende hölzerne Taube des ARCHYTAS VON TARENT (400 v. Chr.), der menschliche Automat des ALBERTUS MAGNUS, dem THOMAS VON AQUIN im Schrecken den Kopf zerschlug, als er ihm die Thür öffnete und ihn scheinbar anredete, die Automaten des REGIOMONTANUS, VAUCANSON,<sup>6</sup> der beiden DROZ, animale und speciell menschliche Einrichtungen nachahmten. Die mechanische Schule stellte neben die von den Chemikern angenommene Ursache von Substanzverlust durch Gährung die Abnutzung, die Abreibung der arbeitenden, bewegten Organe als eine zweite Ursache auf. Die Abnutzung sollte in der organischen Maschine des Menschenleibes ebenso und aus analogen Gründen erfolgen, aus denen sie bei ihren Automaten und bei jeder anderen Maschine erfolgt. Die Stoffverluste aus beiden, den chemischen und physikalischen Ursachen, sollten durch die eingeführten Nahrungsmittel gedeckt werden.

Damit waren die beiden Gesichtspunkte im Principe aufgefunden, nach denen noch heute die Ernährungsfragen beurtheilt zu werden pflegen; Wärmebildung und Organerhaltung mit Wärmeverbrauch.

In dem Streit der sich bahnbrechenden neuen chemischen Anschauungen mit der aristotelischen und der darauf gebauten alt-chemischen Theorie machte die Ernährungslehre nur beschränkte Fortschritte.

Der Irländer ROBERT BAYLE stellte in seinem *Skeptical Chymist* 1664 zuerst die Grundsichten der neueren Chemie auf, er nahm eine grössere Zahl von einfachen Stoffen an und fand ein anderes Gesetz ihrer Verschiedenheit als jenes nach den vier Elementen und den drei Grunddingen; die Gestalt der Atome solle die Verschiedenheit der einfachen Stoffe verursachen. Durch unseren STAHL wurde die Chemie wissenschaftlich gestaltet, sein System, das phlogistische, konnte jedoch dauernd sich nicht behaupten. BECHER und STAHL nahmen in den drei Naturreichen die gleichen Elemente an, die sich nach BECHER in den organischen Substanzen verwickelterer Weise verbinden als in der anorganischen Natur. STAHL fand in den Pflanzen- und Thierstoffen wässerige und brennbare, in den Mineralien erdige Bestandtheile vorwiegen. Eine Menge von Stoffen, z. B. Salze, hatte man schon aus den organischen Körpern isolirt und als Bestandtheile erkannt (cf. unten).

A. HALLER, der Begründer der neueren Physiologie, den man mit Stolz den ARISTOTELES des 18. Jahrhunderts nannte, fasst die wissenschaftlichen Ansichten seiner Zeit in kurzen Worten zusammen. Die thierische Wärme entsteht (vor Allem) aus chemischen Processen im Körper selbst. Die Nahrung deckt die beständig unter der Einwirkung der Wärme und durch die Abnutzung der Organe entstehenden Verluste. Durch die beiden genannten Einflüsse entstehen scharfe Stoffe, die als schädliche Exkrete ausgeworfen werden müssen. Diese Ansicht ist darum von Wichtigkeit, weil hier zuerst der moderne Begriff des »Stoffwechsels« tritt, ein Theil der Auswurfstoffe des Körpers entstammt diesem Stoffwechsel. Er wusste, dass die Faser, welche ihm die Organisationseinheit der thierischen Bildungen ist, und deren Stoffverluste durch die Nahrung ersetzt werden sollen, bestehe aus Wasser, Aschen- (erdigen) Bestandtheilen, unter denen neben salzigen Stoffen (thierischem Alkali) vor Allem das Eisen speciell bekannt war, aus Oel und luftförmigen Bestandtheilen. Aus dem als Nahrung aufgenommenen Fleische und den mehligten Nahrungsstoffen wird nach ihm in der Verdauung eine gallertige Lymphe gebildet, die sich in die Lücken, welche die abgeriebenen Theile hinterlassen, ansetzt und so den entstandenen Verlust ausgleicht. Der sonstige aus Pflanzen-

nahrung hervorgehende Nahrungssaft dient zu den dem Organismus nöthigen anderen chemischen Zwecken. Er ertheilt dem Blute den nöthigen Salzgehalt; er mildert durch seine Säure die alkalische Schärfe des Blutes, bringt also zunächst einen jener »Gährungsvorgänge« hervor, von denen seit der Lehre der Iatrochemiker die Erzeugung der thierischen Wärme abgeleitet wurde. A. HALLER steht sonach, wenn sein Wissen auch noch im Einzeldetail mangelhaft ist, auf einer höheren Stufe der Erkenntniss dieser natürlichen Processe als seine Vorgänger. Seine Ansichten sind Vorläufer für die Anschauungen der Neuzeit vom Stoffwechsel und den ungleichen Werthe der verschiedenen Nahrungsstoffe für die Ernährung.

Der 1. August 1774 wird als der Tag genannt, an welchem PRIESTLEY den grössten chemischen Fund seines Jahrhunderts machte, als er den Sauerstoff entdeckte. Als dessen zweiter Entdecker ziemlich gleichzeitig muss SCHEELE genannt werden. LAVOISIER verstand diesen Fund zu dem grössten Fortschritt in der Chemie zu verwerthen, welcher der schon 113 Jahre früher aufgestellten Theorie der Elementarstoffe BAYLE's erst ihre eigentliche Bedeutung gab. An dem Gesetz der Verbindung mit Sauerstoff wurde die neuere Chemie aufgebaut. Die neue Kenntniss über den chemischen Vorgang bei den vorzüglich wärmeerzeugenden Processen, den Verbrennungen, Oxydationen, verwertete er für den Process der thierischen Wärmebildung in der Athmung (cf. diese). Er erklärte die Nothwendigkeit des Verkehrs der animalen Organismen mit der Luft daraus, dass der wesentliche Luftbestandtheil der Sauerstoff, die Lebensluft, in der Athmung aufgenommen werden müsse, um einen Verbrennungsvorgang zu unterhalten, an den der Fortbestand des animalen Lebens geknüpft ist, der die Quelle der thierischen Wärme ist. Die Vorgänge der Zersetzungen im Thierorganismus unter dem Einfluss der Luft, die man früher als Gährungen bezeichnete, wurden durch die Sauerstoffaufnahme bei der Athmung neu erklärt. Diese Zersetzungen müssen die eingeführte Nahrungsstoffe, denen die Fähigkeit zukommt, Sauerstoff in sich aufzunehmen, mit ihm Kohlensäure, Wasser und stickstoffhaltige Verbindungsprodukte zu bilden, die weiter wieder ersetzt werden. Das Abhängigkeitsverhältniss der Thiere vom Pflanzenreich wurde erkannt; die Anschauungen unserer Zeit über die allgemeinen Ernährungsvorgänge im Thier- und Pflanzenreiche, wie sie im zweiten und dritten Capitel dargestellt wurden, basiren auf den von LAVOISIER eingeführten Ansichten.

Wie natürlich wurde der neuen Lehre, die zunächst noch mit unberechtigter Anmassung Alles erklären zu können, auftrat, Widerstand entgegengesetzt, besonders in Deutschland, wo die geistreiche Experimentalforschung und Kritik STAHL's fortgesetzt ihre Anhänger unter den Chemikern zählte. Sehr wichtig war es, dass der bedeutendste Experimental-Physiolog dieser Zeit, MAGENDIE, auch in Paris selbst doch nicht so ganz die absolute Nothwendigkeit der neuen Lehre zur Erklärung der Vorgänge in den animalen Organismen anerkannte. Es gelang ihm an dem mehr bewunderten als ausgebauten Lehrgebäude in wesentlichster Weise zu rütteln. LAVOISIER hatte für die Erklärung der Athmung angenommen, dass aus dem Blut eine kohlen- und wasserstoffreiche Flüssigkeit in die Lungen schwappe, welche dort verbrannt würde zu Kohlensäure und zu Wasser. MAGENDIE konnte für das Wasser die alte Ansicht als begründet experimentell beweisen, dass das Wasser, welches durch die Lungen abgegeben wird, wenigstens seiner Hauptmasse nach nicht aus einer Verbrennung, sondern aus dem in den Säftekreislauf eingeführten Wasser stamme. MAGENDIE folgte fort, in der von HALLER angebahnten Richtung zu experimentiren; er ist der Begründer unserer experimentellen Forschung in der Ernährungslehre. Die Fortschritte der Chemie hatten eine grosse Anzahl neuer Stoffe aufgefunden, altbekannte näher erforscht. Er unternahm es, die in den Nahrungsmitteln enthaltenen einfacheren Stoffe näher auf ihre Wirkung für die Ernährung zu untersuchen. Von ihm ist die Eintheilung dieser Stoffe in stickstoffreiche und stickstofffreie (oder stickstoffarme). Seine Versuche ergaben, dass die stickstofffreien Nährstoffe, Rohrucker, Gummi, Olivenöl, Butter etc. nicht vermögend sind, die animalischen Organismen zu erhalten, die ausschliesslich damit gefütterten Thiere gingen unter allen Zeichen der Inanition zu Grunde. Bei der Section fand sich alles Fett verzehrt, die Muskelmasse sehr bedeutend vermindert. TIEDEMANN und GMELIN bestätigen MAGENDIE's Erfahrungen (die Unfähigkeit

allein zur Ernährung zu dienen) für die stickstofffreien Substanzen: Zucker, Gummi, Stärke durch Versuche an Gänsen.

Für die Classe der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe ergaben die Versuche ein bemerkenswerth verschiedenes Resultat.

Der Leim allein genossen scheint auf die Dauer nicht zu nähren, dagegen blieben Hunde, die mit Käse oder harten Eiern gefüttert, am Leben, obwohl sie schwach und mager wurden und die Haare verloren, ebenso bewies MAGENDIE, dass von fettlosem »Muskelfleisch« wenigstens Nagethiere sich zu erhalten vermögen. TIEDEMANN und GMELIN erhielten eine Gans mit ungenügenden Mengen von) gekochtem und zerhacktem Eiweiss über anderthalb Monate am Leben, während ihre mit Gummi gefütterten Gänse am 16., mit Zucker am 22., mit Stärke am 24. Tage starben. Die Versuche ergaben sonach, dass unter den einfachen Nahrungsstoffen nur die eiweisshaltigen, unter diesen vor Allem das Muskelfleisch zur Unterhaltung des Lebens geeignet seien. Trotzdem dass, wie MAGENDIE nachweisen konnte, bei seinen Versuchen eine Verdauung und Chylusbildung auch bei der Zufuhr der einfachen stickstofffreien Stoffe eingetreten war, starben dabei die Thiere unter allen Zeichen der Verhungering.

Folgerichtig wurden zwei Schlüsse aus den experimentellen Beobachtungen gezogen, im Einklang mit der täglichen Erfahrung:

1. Nahrungsstoffe, welche für sich allein nicht im Stande sind, das Leben zu erhalten, besitzen eine unverkennbare Nährfähigkeit, wenn sie mit anderen Stoffen gemischt genossen werden. So ist der Leim nach MAGENDIE mit anderen Nahrungsmitteln, z. B. Fleisch (Albuminate) genossen eine nahrhafte Substanz (Brod genüge dazu nicht), ebenso Gummi, Zucker, etc. Ihre verschiedenartige Wirkung, z. B. auf Mästung von Thieren und Menschen, war praktisch festgestellt und z. B. durch PROUT in diätetische Regeln gebracht. Alle Nahrung für den Menschen nach ihm, wie die von der Natur als erstes und ausreichendes Nahrungsmittel dargebotene Milch, aus den beiden MAGENDIE'schen Stoffgruppen gemischt sein: stickstofffreien, PROUT's Saccharina (Zucker, Stärke, Gummi etc.) und Oleosa (Oel, Fett), und den stickstoffhaltigen, die PROUT richtiger Albuminosa nennt (animalische und vegetabilische Albuminate). Auch die Nahrung aller Thiere enthält die Vertreter dieser beiden Stoffgruppen, ebenso die Gräser und Kräuter als die animalischen Nahrungsmittel, welche letztere wenigstens aus Eiweiss und Oel (Fett) bestehen.

2. Der zweite Schluss, den man daraus zog, war der, dass das Eiweiss (Albuminate) unter den Nährsubstanzen die höchste Stufe einnehme. In ihm glaubte man das bisher gesuchte pflanzliche Nutriment, die Essenz aufgefunden zu haben. Die Rolle, welche man früher dem »nahrungsfähigen Schleim«, der »gallertigen Lymphe« zugetheilt hatte, wurde nun den Albuminosen, Stoffen, die im Körper alle in eigentliches Eiweiss umgewandelt werden sollten, zugeschrieben. Je leichter sie in Eiweiss umgewandelt werden könnten, um so tauglicher seien sie zur Ernährung (J. MÜLLER). Früher hatte man wohl geglaubt, dass, wie der pflanzliche, auch der thierische Organismus überhaupt die Fähigkeit zur Eiweissbildung aus einfacheren Nährsubstanzen habe. Die Untersuchungen MAGENDIE's haben diese Annahme unhaltbar gemacht. Schon MAGENDIE schloss, da der Stickstoff der Organe nur von der Nahrung stamme und die stickstofffreien Substanzen sich im Thier nicht in stickstoffhaltige umwandeln; sein grosses Verdienst ist es, mit grösserer Consequenz, als es sonst geschah, auf den Gehalt an stickstoffreichen Substanzen in den vegetabilischen Nahrungsmitteln hingewiesen zu haben, in denen Menschen und Thiere leben, wie Reis, Mais, Getreide, Kartoffeln, Ackerrohr. Diese Ansichten über den hohen Werth der Albuminate wurden ergänzt durch die Ansicht der Anhänger der LAVOISIER'schen Lehre. Sie lehrten, dass der in der Nahrung eingeführte und in den Lungen verbrannte Kohlenstoff und Wasserstoff die Ursache der thierischen Wärmebildung sei. Die berühmten Versuche von LAVOISIER, DULONG und DESPRETZ über den Zusammenhang der thierischen Wärme mit der Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure hatten diese Seite der Ernährungslehre experimentell neu begründet.

Durchdrungen von der Wahrheit des Satzes, dass die stickstoffreichen Eiweissstoffe der Wärmebildung im animalen Körper allein vorstünden, stellte BOUSSINGAULT seine Tabelle auf

über den Nahrungswerth (Heuwerth) der vegetabilischen Nahrungsmittel, vorzüglich : landwirthschaftlichen Zwecken, in welcher die Futterstoffe nur nach ihrem Stickstoffgehalt geordnet waren, während der alte Heuwerth THÄER's berechnet war nach der Menge aller löslichen Stoffe, welche aus der Nahrung in das Blut übergehen könnten.

Die allgemeinen Principien einer wissenschaftlichen Ernährungslehre waren, wenn auch nicht klar formulirt, doch aufgefunden. Aber viel fehlte, dass diese Lehren Eingang gefunden hätten in den Kreisen der Vertreter der Medicin und Gesundheitspflege, sowie der ebenfalls direct interessirten Landwirthschaft. Nirgends so schwer wie in Gebieten der praktischen täglichen Erfahrung, die ihre Beobachtungszeit nach Jahrtausenden zählt, sind alte Vorurtheile und halbverstandene Ansichten zu bekämpfen. Ueberall fehlten in den praktischen Kreisen, wenn nicht der gute Wille, so doch die nothwendigen chemischen Vorkenntnisse um die neuen Resultate der Forschung zu verstehen, geschweige denn anzuerkennen oder nach der von ihnen gebotenen Richtschnur zu handeln.

J. v. LIEBIG war es, der die chemisch-physiologischen Theorien sicher zu formuliren jenen Widerstand definitiv zu brechen und den Gewinn des praktischen Nutzens für Medicin, Gesundheitspflege und Landwirthschaft aus ihnen zu ziehen verstand und lehrte.

Seine Theorie, lange ebenso angestaunt wie angekämpft, lässt sich vielleicht in Kürze zusammenfassen.

Die albuminähnlichen Stoffe, welche wir im thierischen Organismus antreffen, werden nicht in diesem erzeugt, sondern schon fertig gebildet ihm zugeführt. Auch der Pflanzenfresser erhält alle Albuminate seiner Organe aus seiner Nahrung. Aus dem Albumin entstehen stickstoffreichen krystallinischen Zersetzungsstoffe, die sich in den Sekreten und Exkreten sowie in den Organen selbst vorfinden. Es wird darauf hingewiesen, dass aus Eiweissstoffen, den Fetten und Kohlehydraten in gewissem Sinne nahestehende Produkte oder diese selbst im Thierkörper gebildet werden können. Aus Kohlehydraten der Nahrung scheint sich im Körper Fett bilden zu können: jedenfalls wird das Fett der sich mästenden oder Milch liefernden Pflanzenfresser diesen nicht als solches in der Nahrung zugeführt.

Die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte der Albuminate gehen durch den Harn ab (vor Allem ihr Hauptrepräsentant, der Harnstoff, können als Maass der Eiweisszersetzung im Organismus betrachtet werden. Als weiteres Maass für die Stoffzersetzung im Allgemeinen (Stoffwechsel) kann auch die in der Athmung ausgeschiedene Kohlensäure dienen, welche die Hauptmasse des oxydirten Kohlenstoffs aus dem Körper entfernt, ebenso der zur Oxydation aufgenommene Sauerstoff.

Wir sind unter Rücksichtnahme auf die Harn- und Respirationsausscheidung (aus Niere und Lunge) im Stande, die Grösse des Stoffwechsels (Stoffverbrauchs) bei Thieren und Menschen unter verschiedenen Bedingungen der Ernährung, Lebensweise, Ruhe und Arbeit, Klima, Lebensalter zu bestimmen und daraus die Bedingungen der Lebenserhaltung durch die Nahrung bezüglich ihrer Quantität und Qualität für das gewöhnliche Leben und für besondere Fälle (Wachsthum, Krankheiten, bei Thieren Mästung, Milchbildung etc.) abzuleiten. Da uns die Körperexkrete erlauben, zu bestimmen, wie viel Stoff im Körper zersetzt worden ist, so kann durch genaue Kontrolle der Nahrungseinfuhr bestimmt werden, ob die eingeführte Nahrung zum Ersatz alles in den Exkreten Ausgegebenen hinreichte, oder ob der Körper von seinen Organbestandtheilen noch zuschiessen musste, also abmagerte, oder ob er von der eingeführten Stoffen einen Theil als überschüssig zurück behielt, ansetzte.

Mit diesen Darlegungen war die Methode der Forschung auf das Wesentlichste bereichert. MAGENDIE und die anderen Experimentatoren hatten sich bei ihren Untersuchungen über die Nahrungsmittel darauf beschränkt, Gewichtsbestimmungen der gefütterten Organismen vorzunehmen, die nur im Allgemeinen den Schluss über Abnahme und Zunahme des Körpers bei einer bestimmten Kost gestatteten. Jetzt eröffneten sich tiefere Blicke in die Stoffwechselvorgänge im Organismus selbst.

Neben der Schöpfung der exakten Forschungsmethode stellte LIEBIG auch die leitenden Gesichtspunkte in der nach seinem Namen benannten Theorie kurz auf; es sind dieselben

den wir schon bei den Griechen und dann in allen Entwicklungsperioden unserer Lehre unter verschiedenem Gewande begegneten. Der Fortschritt besteht darin, dass nun den verschiedenen Nahrungsstoffen ihre festen Rollen zugetheilt werden.

Der Ernährungsvorgang hat zwei Funktionen zu genügen: der Organbildung und der Wärmebildung. Unter dem Einfluss ihrer Thätigkeit (Abnutzung) erleiden die Organe, indem sich Theile von ihnen mit Sauerstoff verbinden, fortwährende Verluste, die durch die Nahrung wieder ausgeglichen werden müssen. Ein Theil der animalen Wärme stammt aus dieser Organoxydation. Der grösste Theil derselben wird bei genügender Nahrung von den eingeführten Nahrungsstoffen geliefert, die im Körper unter dem Einfluss des in der Respiration aufgenommenen Sauerstoffs verbrennen.

Diesen beiden Funktionen entsprechend theilte LIEBIG die Nahrungsstoffe, abgesehen von dem nöthigen Wasser und organischen Salzen, ein in:

- 1) Organbildende: plastische und
- 2) Wärmebildende: respiratorische Nahrungsmittel.

Die plastischen Nahrungsmittel sind allein die Albuminate.

Die respiratorischen Nahrungsmittel sind vorzüglich die Fette und Kohlehydrate, doch theiligen sich an der Wärmeerzeugung auch die anderen Bestandtheile der Nahrung (auch die Albuminate), soweit sie sich mit Sauerstoff verbinden können. Je mehr Sauerstoff ein bestimmtes Gewicht des Nahrungsstoffes in sich aufnehmen kann, desto mehr ist er fähig, die Wärmeverluste des Körpers zu decken; Fett steht in diesem Sinne vor den Kohlehydraten und Eiweiss etc.

LIEBIG setzte selbst nach diesen Gesichtspunkten die Quantitäten, die im Allgemeinen zur Ernährung nothwendig sind, für Menschen und Thiere fest. Eine grosse Anzahl von Forschern: Physiologen, Aerzte, Thierzüchter betheiligen sich mit mehr oder weniger Erfolg an der Lösung der vorliegenden Fragen.

Nachdem durch LIEBIG die Aufgabe im Allgemeinen umgrenzt und die leitenden Gesichtspunkte gefunden waren, stellte sich für die Anwendung derselben in der Praxis die Aufgabe, das im Allgemeinen Erkannte im Einzelnen noch genauer kennen zu lernen.

Im Allgemeinen soll durch die Nahrung ein Verlust des Körpers verhütet oder eine Masszunahme seiner Organe, überhaupt eine stoffliche Veränderung in ihm hervorgebracht werden. Man muss zu diesem Zwecke den Stoffwechsel unter den mannigfaltigsten Bedingungen und Zuständen durch das Studium der Zersetzungsprodukte kennen lernen und namentlich feststellen, wie viel davon von jedem einfachen Nährstoff vom Darm aus in die Organe übergeht, welchen Einfluss auf die Umsetzung jeder derselben hat, und wie sich dann die bekannten Gemische verhalten (VOIT).

Die Arbeiten von FRERICHs, BIDDER und SCHMIDT und Th. L. W. v. BISCHOFF sind hier zuerst zu nennen, an die sich die viel citirten Untersuchungen von BARRAL und CHOSSAT anschliessen. Nach LIEBIG's Theorie hatte man angenommen, dass der Eiweissverbrauch der Organe nur bei ihrer Thätigkeit erfolge. Die Untersuchung ergab, dass bei der gesteigerten Eiweisszufuhr in der Nahrung auch der Eiweissverbrauch steige. Es schien diese Beobachtung nicht mit der Theorie in Einklang zu stehen. Indem man annahm, dass nur die im Organ zerstörte Eiweissmenge der Abnutzung der Organe entspreche, glaubte man, dass der über die Nahrung über dieses Minimalmaass zugeführte Theil des Eiweisses als zum Organersatz überflüssig, wie man sich ausdrückte, im Blut verbrenne; man nannte das Luxusconsumption (cf. S. 244). Sie war im Begriff, in Vergessenheit zu gerathen, nachdem man eingesehen hat, dass die LIEBIG'sche Theorie diesen Fall als einen besonderen stets in sich geschlossen hatte und die alten Ansichten über die strenge Scheidung der organisirten und nichtorganisirten Bestandtheile des animalen Organismus sich als unhaltbar herausgestellt haben. Die flüssigen Körperbestandtheile müssen, so lange sie das Organ passiren, als Bestandtheile desselben angesehen werden; sie treten wirklich in die Organisation ein; sie betheiligen sich an der Lebensthätigkeit des Organs, ihr Zerfall steht mit dieser in directer Beziehung (cf. oben S. 425 Molekularstruktur). Was hier von den Albuminaten gesagt ist, gilt



aber selbstverständlich auch für Fette und Kohlehydrate. Neuerdings liess in gewissem Sinne C. Vorr die Lehre von der Luxuskonsumption in seiner Theorie vom circulirenden Eiweiss im Gegensatz zum Organeiweiss wieder erstehen.

In neuer Zeit machte die Untersuchungsmethode noch zwei wesentliche Fortschritte. Was LIEBIG postulirt hatte, dagegen von fast allen Experimentatoren bestritten wurde, dass aller aus dem Stoffumsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile stammende Stickstoff im Harn wiedererscheine, dass also bei Gleichgewicht der Eiweisszufuhr in der Nahrung mit der Eiweisszersetzung im Organismus aller aus der Zersetzung stammende Stickstoff im Harn wiedererscheine, wurde von BINDER und SCHMIDT für die Katze, von VORR und BACON mit aller Entschiedenheit für Hunde, von J. RANKE für den gesunden ruhenden Menschen, von VORR für die Taube, von HENNEBERG für Rinder zuerst nachgewiesen. Das so oft behauptete Stickstoffdeficit existirt nicht. Wo sich ein solches, bestimmte Fälle ausgenommen, in den Versuchsergebnissen findet, sind die Methoden als mangelhaft zu bezeichnen. Im Stickstoff des Harns haben wir also wirklich ein Maass des Umsatzes der stickstoffhaltigen Körperstoffe. Der zweite Fortschritt ist die Ermöglichung der Bestimmung der Respirationsverhältnisse durch v. PETTENKOFER'S Respirationsapparat cf. Athmung. Wir wenden uns zur Darstellung des gegenwärtigen Standes unserer Lehre.

### Das dynamische Gleichgewicht der Organe.

Wir wissen, dass während der Dauer des Lebens im Organismus nur eine scheinbare Ruhe existirt. Während wir die Gebilde der anorganischen Natur der Stabilität ihrer Zusammensetzung mit einem Gebäude, etwa mit einer Mauer, vergleichen können, an welcher alle die an ihr wirkenden Kräfte in ein statisches Gleichgewicht gelangt sind, können wir die scheinbare Ruhe des Organismus mit dem Gleichgewichte vergleichen, welches ein mit Wasser gefüllter Behälter eines laufenden Brunnens erkennen lässt, bei welchem der Wasserstand in der That darum ein gleichbleibender ist, weil in Folge regulatorischer Einrichtungen der Zeiternheit gleichviel Wasser zu- und abfließt. In ähnlicher Weise, wie im letzteren Falle, wechseln im thierischen Organismus beständig die Stoffe zu- und ab. In der Nahrung treten neue Stoffe an, die Stoffe im



durch Steigerung ihrer Lebensthätigkeit mehr Stoffe zersetzt und dadurch nische Körper hervorbringt, welche Sauerstoff rasch und leicht binden, ent- sie dem sie umströmenden Kapillarblute mehr Sauerstoff, das Blut ver- relativ an diesem nothwendigsten Lebensbedürfniss. Die Menge Sauer- , welche das Blut enthält, kann durch einen Mehrverbrauch an einer Stelle h beeinflusst werden. Bei jedem Kreislauf wird ihm schon bei den Ver- uchsbedingungen der Organe in der Ruhe etwa  $\frac{1}{3}$  seines Sauerstoffgehaltes zogen (PFLÜGER). Da die Zeit für einen Kreislauf nur etwa 20 Sekunden be- gt, so genügt eine sehr kurze Zeit, um bei gesteigertem Verbrauch und ichbleibender Sauerstoffaufnahme in der Athmung eine relative Verarmung s Gesamtblutes an Sauerstoff zu erzeugen. Gleichzeitig tritt eine Vermeh- ng des Kohlensäuregehaltes, des Gehaltes an Zersetzungsprodukten der Zellen- offe in dem Blute ein. Beide Momente verbinden sich, um die Lebensthätig- iten aller Zellen des Organismus zu beeinflussen, aber namentlich fein agiren auf diese Veränderungen gewisse Zellengruppen in den nervösen Cen- alorganen, sie gerathen durch diese Reize in erhöhte Thätigkeit, deren Resultat ne Steigerung der Athemintensität und Beschleunigung des Gesamt-Blut- roms ist. Das Blut, welches in dem in seiner Lebensthätigkeit gesteigerten rgane seinen Sauerstoff rascher verliert, strömt nun in der Zeiteinheit öfter urch die Lungen, wo es seinen Verlust ausgleicht, und kann nun, dem gesteig- erten Sauerstoffverbrauch in dem Organe entsprechend, diesem in derselben it durch die Beschleunigung seiner Stromgeschwindigkeit mehr Sauerstoff hren. Die gleichzeitig gesteigerte Lüftung in den Lungen scheidet die mehr das Blut abgegebene Kohlensäure aus, und gleichzeitig arbeiten auch die deren Ausscheidungsdrüsen unter der gesteigerten Circulationsgeschwindig- it in erhöhtem Maasse. So tritt ein neuer Zustand des dynamischen Gleich- wichtes im Gesamtorganismus ein, der sich sofort wieder modificirt, wenn Bedingungen in irgend einem Organe wieder andere werden. Analoge Regu- rungen zeigen sich in vielfältigster Weise und namentlich ist hier auf die Ver- änderung in der Blutcirculation, Weite und Durchlässigkeit der Blutgefäße in dem arbeitenden Organ selbst hinzudeuten (cf. Thätigkeitswechsel der Organe und Blutvertheilung). Ist die Regulirung des dynamischen Gleichgewichtes wischen Stoffverbrauch und Ersatz eine vollkommene, so zeigt sich das für das subjective Gefühl als der Zustand eines körperlichen Behagens. Sowie es Gleichgewicht irgend wie gestört wird, zeigt sich eine Störung dieses Be- gens, wir haben Lufthunger oder Hunger nach fester Nahrung oder Durst. Dieses subjective Gefühl begleitet die Veränderung in dem Reizzu- ande jener centralen Nervenzellen, welche an sich automatisch wie ein Regu- ator am Uhrwerk jene Bewegungen und Thätigkeiten mit wunderbar feiner Abstufung einleiten und erhalten, welche der Organismus zur Wiederherstel- ung des durch die Lebensbedingungen beständig gestörten Gleichgewichtes bedarf.

Je nach der Steigerung der Lebensintensität der Zelle, d. h. des Organs, sehen wir sie mehr Stoffe verbrauchen und entsprechend mehr aus der Säfte- masse, dem Blute, sich aneignen; gleichzeitig treten mehr Zersetzungs- stoffe der Organe (Kohlensäure, Phosphorsäure, Kalisalze, Harnstoff etc.) in das Blut ein. Diese chemischen Veränderungen des Blutes wirken in ihrer

Verbindung oder einzeln auf regulatorische Centren ein, und diese zwingen, steigender Gewalt den Organismus, seine Verluste durch Luft- und Nahrungsaufnahme auszugleichen, und besorgen selbst die Entfernung jener störenden Gewebsschlacken. Unser Wille vermag diese regulatorischen Thätigkeiten zum Theil zu unterdrücken, an sich sind dieselben unwillkürlich.

Der Stoffverbrauch findet im Organ, in der Zelle statt, das Organ, die Zelle regulirt den normalen Stoffverbrauch des gesamten Organismus.

Alle anderen auf den Stoffverbrauch von Einfluss erscheinenden Momente wirken nur in secundärer Weise im Dienste der Zelle, der Organe. Gesteigerte Athmung, gesteigerte Herzbewegung und Blutcirculation, ja sogar gesteigerte Nahrungsaufnahme mit Steigerung des intermediären Säftestromes wirken zunächst nur in diesem Sinne. Je nach der Intensität der Lebensthätigkeiten der Zelle sehen wir in denselben Stoffverbrauch eintreten. Dieser Stoffverbrauch wird zunächst aus den die Zelle umspülenden Säften, vor Allem aus dem Blute durch Diffusion ersetzt, deren Thätigkeit wir uns im lebenden Organismus viel rascher und energischer vorstellen müssen, als unsere physikalischen Experimente es uns erscheinen lassen (cf. S. 128 ff. und unten Sauerstoffathmung). Man war früher der Meinung, die Menge des in der Athmung aufgenommenen Sauerstoffs regulire die Stoffzersetzung im Organismus, je mehr Sauerstoff vorhanden sei, desto mehr werde verbrannt. Jetzt wissen wir, dass umgekehrt durch die Zersetzungen in den Zellen die Menge des in der Athmung aufgenommenen Sauerstoffs bestimmt wird. Wir können willkürlich den Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes durch energisches Lufteinblasen in die Lungen zu vollkommener Sättigung des Haemoglobins bei der Apnoe (EWALD) steigern, aber der Sauerstoffverbrauch des Organismus ändert sich dabei nicht (PRÜTZ). Um den Sauerstoffverbrauch zu steigern, müssen wir die Lebensthätigkeit der Zellen des Organismus steigern. Die Lebensenergie der Zellen wächst mit der vollkommeneren Befreiung von ihren Zersetzungsprodukten. Es ist für einen derselben direct nachzuweisen, dass sie die Stoffwechselvorgänge in den Zellen wie ihre Lebensenergie herabsetzen: ermüdende Stoffe. Das ist ein Hauptgrund, warum wir mit einer Steigerung der Circulation eine Steigerung des Stoffverbrauches des Organismus verbunden sehen, die Zellen, die Organe arbeiten dann energischer, der Stoffverbrauch in ihnen wächst und damit der Stoffverbrauch des Gesamtorganismus. So sehen wir mit einer Vermehrung der im Organismus und in den Organen kreisenden Flüssigkeiten, des Blutes und der Lymphe — mit einer Steigerung des intermediären Kreislaufs die Stoffzersetzung im Gesamtorganismus wachsen, nicht weil die vermehrte Blutmenge nun mehr Sauerstoff den Organen zuführt, nicht weil diese nun ein reichlicheres Nährmaterial, das sie zersetzen können, erhalten, sondern weil die Lebensthätigkeit der reichlicher umspülten Zellen und damit ihr Stoffverbrauch gesteigert ist. Eine Verminderung des Säftestroms wird umgekehrt mit einer Herabsetzung der Lebensenergie der Zellen, und einer daraus hervorgehenden Herabsetzung des Gesamtstoffverbrauches des Organismus begleitet.

Wenn wir also auch nicht annehmen, dass die aufgenommene Sauerstoffmenge es ist, welche die Oxydationen im Organismus regelt, so ist

is dagegen ein Maass für die Energie der im Organismus verlaufenden Lebensvorgänge in den Zellen, und wir dürfen in diesem Sinne die Vermehrung oder Verminderung der Sauerstoffaufnahme durch Zustände des Gesamtorganismus oder einzelner seiner Organe, oder durch die Ernährung mit verschiedenen Nährstoffen beurtheilen. Es wird uns daher der experimentelle Vergleich der Sauerstoffaufnahme unter verschiedenen physiologischen Bedingungen sehr wichtige allgemeine Fingerzeige geben.

### Die Gesetze des Stoffwechsels.

Dem Gesetze gemäss, dass mit der gesteigerten Lebens-  
thätigkeit der Organe der Sauerstoffverbrauch und der Ge-  
samtstoffverbrauch des Organismus wächst, sehen wir die Wir-  
kung gesteigerter oder verminderter Muskelthätigkeit. Der Gesamtorganismus  
nimmt mehr Sauerstoff auf, er gibt mehr Zersetzungsstoffe ab, der Gesamt-  
organismus verbraucht mehr, wenn die wichtige Organgruppe der Muskeln eine  
gesteigerte Thätigkeit entfaltet. Bei Muskelruhe ist umgekehrt der Sauerstoff-  
verbrauch und der Gesamtstoffverbrauch herabgesetzt, freilich nicht in dem  
Grade, den man bei oberflächlicher Ueberlegung erwarten könnte, weil  
die Ruhe doch immer nur eine relative und theilweise ist, und auch in den  
scheinbar ruhenden Muskeln, wie in allen scheinbar ruhenden Organen, eine  
während, mit Stoffverbrauch verbundene Kräfteentfaltung: Tonus, Mole-  
kularbewegung, Wärmebildung, Electricitätsentwicklung etc. stattfindet.  
Die gleiche Beobachtung wie bei stärkerer Arbeit der Muskeln machen  
wir in Beziehung auf die stärkere Arbeit aller anderen Körperorgane. Wird  
durch den Reiz der eingeführten Nahrungsstoffe die Gruppe der Verdauungs-  
organe zu gesteigerter Thätigkeit angeregt, so sehen wir Sauerstoffaufnahme  
und Stoffverbrauch analog wie bei gesteigerter Muskelarbeit nur noch viel be-  
stärkter ansteigen, alle Nahrungsaufnahme vermehrt daher den  
Gesamtverbrauch des Organismus. Aber wir sehen in dieser Be-  
obachtung die verschiedenen Nahrungsstoffe in wesentlich verschiedener Intensität  
den Stoffverbrauch des Organismus beeinflussen. Gehen wir von einer mittlern,  
für die Ernährung genügend reichlichen Nahrungsmischung aus, welche  
in ihrer Zusammensetzung etwa den Getreidefrüchten entspricht oder noch  
etwas reicher an Eiweiss und Fett als diese ist, so sehen wir bei einer  
Veränderung dieser Mischung in dem Sinne, dass dabei die Fette oder Kohle-  
hydrate in grösserer Menge genossen werden, die Sauerstoffaufnahme und  
den Gesamtstoffumsatz im Allgemeinen herabgesetzt, Fett wirkt hierin  
stärker als die Kohlehydrate. Umgekehrt sehen wir bei einem reichlicheren Zu-  
satz von Eiweissstoffen (auch Peptonen oder Leim) zur Nahrungsmischung  
die Sauerstoffaufnahme im Allgemeinen und den Gesamtstoffumsatz unter Um-  
ständen ganz enorm ansteigen. Es ist daraus klar, dass bei der Eiweiss-  
ernährung die Lebensthätigkeiten aller oder wenigstens sehr wichtiger Organ-  
gruppen bedeutend ansteigen, während auf der anderen Seite bei Fettnahrung  
die Nahrung mit Kohlehydraten entweder alle oder wenigstens sehr wichtige  
Organgruppen in ihrer Lebensthätigkeit herabgesetzt werden, verglichen mit

dem mittleren Zustande, welcher bei einer normal gemischten Nahrung eingehalten wird. Diese auf den Gesamtstoffwechsel basirte Schlussfolgerung wird durch die Beobachtung bestätigt. Wir sehen bei den beiden charakterisirten Ernährungsarten in der Thätigkeit der Verdauungsorgane, namentlich der Leber, der Beeinflussung des Gesamtstoffverbrauchs entsprechende Verschiedenheiten. Etwa  $\frac{1}{3}$  des gesammten Stoffumsatzes fällt bei der Muskelruhe auf die Thätigkeit der Verdauungsorgane, unter denen die Leber die hervorragende Rolle spielt. Ueber Harnstoffbildung in der Leber cf. unten bei Leber Cap VII. Wir sehen nun bei Fleischnahrung die Thätigkeit der Leber, der Magen- und Darmdrüsen, des Pankreas sehr bedeutend gesteigert, während alle diese Organe bei Nahrung mit Kohlehydraten und namentlich bei Fettnahrung geringe Leistungen entfalten. In Folge der gesteigerten Zellenthätigkeit und der dadurch gesteigerten Absonderung der Verdauungsdrüsen wächst die Menge der im Körper circulirenden Flüssigkeiten, Blut und Lymphe, die Circulation selbst gewinnt an Intensität und zeigt ihren die Lebensenergie aller Körperorgane beherrschenden Einfluss durch einen reichlicheren Stoffverbrauch in allen Organen. So wächst innerhalb weiter Grenzen mit der Steigerung des Eiweissgehaltes der Nahrung der Stoffumsatz, namentlich der Umsatz der für das Zellenleben wichtigsten Stoffe, der Eiweissstoffe, während durch Fettnahrung und in geringerem Grade durch Nahrung mit Kohlehydraten der Gesamtumsatz und namentlich der Eiweissumsatz sinkt.

Wir verstehen nun auch die Wirkung des vollkommenen Hungers. Verdauungsorgane bedürfen zur Anregung ihrer Thätigkeit des Reizes der aufgenommenen Nahrungsstoffe. Im Hunger, wenn keine Nahrung aufgenommen wird, sinkt die Thätigkeit der Verdauungsdrüsen mehr und mehr, endlich kein Speichel, kein Magensaft, keine Galle, kein Pankreas- und Darmsaft abgesondert. Mit dem mehr oder weniger vollkommenen Ausfall der Thätigkeit der Verdauungsorgane wird schon an und für sich der Stoffverbrauch sehr bedeutend reducirt werden; aber indem von Aussen her kein Nachschub neuer Materials für das verbrauchte mehr erfolgt, verarmen endlich die Reservoirs der Nahrungsstoffe, die der Organismus namentlich im Blute und in der Lymphe besitzt, und indem die Blut- und Lymphmenge mehr und mehr absolut vermindert wird, sehen wir unter der Erscheinung objectiver und subjectiver Schwäche muskulösen und nervösen Arbeitsorgane alle Organe, alle Zellen des Organismus in höherem oder geringerem Grade in ihrer Lebensenergie herabgesetzt, was uns der herabgesetzte Sauerstoff- und Gesamtstoffverbrauch ein Spiegelbild ist. Der Stoffverbrauch sinkt auf eine sehr geringe Grösse herab, auf der sich, da die reducirten Organthätigkeiten, wie wir z. B. an den Herz- und Athembewegungen sehen können, zunächst constant bleiben, eine Zeit lang halt. Man hat sich darüber gewundert, dass man den Organismus nicht doch von dem Hungertode retten kann, dass man ihm so viel Nahrung reicht, als Ersatz seines Verbrauchs in den späteren Hungerstadien ausreichen würde. Aber Nahrungsaufnahme steigert an sich die Lebensthätigkeit der Organe, namentlich der Verdauungsorgane, und die Zersetzungen steigen entsprechend das Maass des Hungerverbrauchs an. Der Körper verbraucht immer noch seine Körperstoffe zur Erhaltung seines Lebens, bis die Menge und Qualität der Nahrung der bei der Nahrungsaufnahme gesteigerten Thätigkeit der Or-



äquivalent ist, dann erst tritt Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Einnahmen ein.

Die Lebensthätigkeiten der Zellen zeigen sich aber nicht allein in Stoffzerstörung, sondern auch in Stoffansatz, Wachsthum und Vermehrung. Ist Gleichgewicht zwischen Verbrauch durch Stoffzersetzungen und Einnahmen eingetreten, so kann nun unter Umständen auch Stoffansatz im Gesamtkörper, respective in seinen Organen, in seinen Zellen erfolgen. Es wäre aber unrichtig, wenn man glauben würde, dass durch jede Vermehrung der eben genügenden Nahrung ein Stoffansatz dieser Vermehrung entsprechend eintreten müsste. Durch die Steigerung der Nahrungsmenge wird, wie wir sahen, die Thätigkeit der Verdauungsorgane und in Folge davon der Stoffumsatz gesteigert, das ist besonders bei Eiweissnahrung der Fall. Dagegen sahen wir diese Steigerung bei Fett- und Kohlehydratnahrung viel geringer ausfallen, ja es tritt bei Ueberwiegen dieser Nahrungsstoffe eine relative Herabsetzung des Stoffverbrauchs ein. Das ist die Ursache, warum reichliche Mengen von Fett- und Kohlehydraten in der Nahrung den Stoffansatz begünstigen, bei letzteren ganz abgesehen davon, ob aus Kohlehydraten Fett im Organismus entsteht oder nicht. Die Eiweissmenge der Nahrung darf dabei aber aus naheliegenden Gründen auch nicht unter ein bestimmtes unteres Quantum herabsinken.

Aus der Darstellung ergibt sich von selbst, dass im Allgemeinen ein organärmerer Körper, ein Körper, der mehr Zellen besitzt als der andere, absolut mehr Stoffe verbrauchen wird als ein Organärmerer. Da aber die verschiedenen Organe in der Energie ihrer Lebensthätigkeit und damit im Stoffverbrauch wesentliche Unterschiede zeigen und die Organgewichte in ihrem Verhältniss bei verschiedenen Individuen schwanken, da auch unter scheinbar ähnlichen äusseren Umständen die Lebensenergie des Gesamtorganismus Schwankungen unterworfen ist, die ganz unabhängig sind von der Nahrung, so erleidet diese Regel sehr oft scheinbare Ausnahmen.

### Die mechanische Ernährungstheorie.

Die Gesamtsumme lebendiger Kräfte, über welche der menschliche Organismus zum Zweck seiner mechanischen (physiologischen) Leistungen gebietet, wird ihm geliefert durch den chemischen Stoffwechsel, d. h. durch die aus den vorigen Kapiteln bekannten, mit dem Lebensvorgang aller animalen Wesen verbundenen chemischen Umgestaltungen der Stoffe, welche, aus der Nahrung kommend, die Organe und Flüssigkeiten des lebenden Körpers zusammensetzen.

Die Summe der lebendigen Kräfte, welche wir im menschlichen Organismus während einer Zeitperiode thätig sehen: Wärme, chemische Kraft, mechanische Bewegung, ist äquivalent der Spannkraftsumme einer gewissen, in letzter Instanz aus der Nahrung stammenden Menge organischer Bestandtheile seines Körpers, welche im Stoffwechsel, d. h. durch ihre »organische Oxydation« (S. 60) diese lebendigen Kräfte lieferten. Der Körper lebt = arbeitet auf Kosten der Spannkraft aller ihm normal zur Verfügung stehenden Stoffe.

Wenn die Gesamtsumme der vom Menschenkörper producirten lebendigen Kräfte in einer Zeitperiode wächst, so entspricht dieser gesteigerten Kraftproduktion eine in äqui-

valentem Masse gesteigerte, die lebendigen Kräfte liefernde »organische Oxydation« der Körperbestandtheile.

Dieser erste Hauptsatz der Ernährungstheorie muss als ein an den grundlegenden Principien der Mechanik mit Nothwendigkeit sich ergebendes Axiom ausgesprochen werden. Es genügt aber für sich allein nicht, und uns durch die verschlungenen Resultate der Ernährungsversuche hindurchzuleiten. Wir bedürfen zu seiner Beschränkung und Ergänzung noch einen zweiten Hauptsatzes, welchen wir so formuliren können:

Alle innerhalb der Grenzen ihrer normalen physiologischen Lebensbedingungen und Leistungsfähigkeit (stärker arbeitenden = lebenden Organe nehmen, genügende Nahrungsmenge und normale Ernährungsbedingungen vorausgesetzt) an Masse zu; alle (relativ) ungebrauchten Organe nehmen an Masse ab.

Der erste Hauptsatz lehrt uns, dass die verschiedenen Körperstoffe und Nährstoffe sich in Beziehung auf die Gesamtkraftproduktion des Körpers gegenseitig ersetzen, für einander eintreten können in dem Verhältniss der ihnen enthaltenen, im Körper frei und verwendbar werdenden Spannkraft. Wir erfahren durch ihn die Hauptquantität der für die Erhaltung der Lebensthätigkeit in einer bestimmten Zeit erforderlichen Nahrungsmenge.

Der zweite Hauptsatz zeigt uns zunächst, dass zu der von dem ersten Hauptsatz geforderten Stoffmenge unter gewissen Umständen noch eine weitere Quantität hinzukommen muss zum Aufbau der Körperorgane. Der zweite Hauptsatz ergänzt also den ersten in Beziehung auf die erforderlichen Nahrungsquantitäten; und er beschränkt ihn zugleich, indem er zeigt, dass die gegenseitige Vertretung der einzelnen Nährstoffe nur innerhalb gewisser Grenzen eintreten kann. Zum Wachsthum eines Organs ist eine ganz bestimmte Stoffmischung notwendig. Der Hauptsache nach besteht jedes Organ des animalen Körpers aus Eiweissstoffen, Wasser und den Blutsalzen. Diese sind die eigentlich organbildenden Stoffe; sie müssen, wenn die Ernährung eine vollständige sein soll, in jeder Nahrungsmischung in genau bestimmtem Verhältniss vertreten sein.

Hat sich in den Leistungen des menschlichen Körpers ein Beharrungszustand eingestellt, so ist innerhalb der Grenzen, in welchen sich die verschiedenen Nährstoffe mit Rücksicht auf ihre mögliche Kraftproduktion im lebenden Organismus vertreten können, die Quantität seines Stoffverbrauches eine konstante. Seine Nahrung muss dann auch eine ganz bestimmte Quantität organbildender Stoffe — Eiweiss, Wasser, Blutsalze — enthalten. Da seine Organe bei ihrer Thätigkeit ebensoviel von diesen Stoffen verlieren, als sie durch das in Folge ihrer Arbeitsleistung eintretende Wachsthum wiedergewinnen.

Wird der Beharrungszustand gestört, arbeitet z. B. ein Organ oder eine Organgruppe mehr, während die Arbeit der übrigen gleich bleibt, so verändert sich nicht nur die für die erhöhte Gesamtkraftproduktion erforderliche Spannkraftsumme, wenn der Körper nicht an Masse abnehmen soll, also die Nahrungsmenge, sondern auch qualitativ sehen wir Veränderungen in der erforderlichen Nahrung eintreten, da die stärker arbeitenden Organe ein gesteigertes Wachsthum zeigen, welches höher ist als ihr bei der Arbeit erfolgender Verlust. Di



Summe der in der Nahrung erforderlichen organbildenden Stoffe wird dadurch erhöht. Umgekehrt ist das Verhältniss, wenn ein Organ oder eine Organgruppe weniger arbeitet, als es vorhin im Beharrungszustand der Fall war.

Bei einem Arbeiter, welcher eine regelmässig gleich bleibende Summe von Arbeit leistet, tritt ein Beharrungszustand zwischen Leistung und Stoffverbrauch ein. Arbeitet er im Ganzen (cf. unten Thätigkeitswechsel der Organe) mehr, so verbraucht er nicht nur im Allgemeinen mehr Nahrung, sondern auch im Speciellen, z. B. mehr Eiweissstoffe, vornehmlich zur Bestreitung des gesteigerten Eiweissbedürfnisses seiner stärker wachsenden Muskulatur. Ganz analog ist der Grund, warum der kindliche Organismus zu dem lebhaften Allgemeinwachsthum seiner Organe relativ mehr Eiweissstoffe bedarf, als der erwachsene.<sup>1)</sup>

**Thätigkeitswechsel der Organe.** — Unter den regulatorischen Einrichtungen für den Stoffverbrauch beansprucht die abwechselnde Steigerung und Verminderung in der Thätigkeit der Organgruppen eine hervorragende Stelle. Während der gesteigerten Thätigkeit der Bewegungsorgane des Körpers sinken die Leistungen der Verdauungsorgane relativ herab, umgekehrt sehen wir bei gesteigerter Drüsenhätigkeit die Organe der Bewegung in ihrer Leistungsfähigkeit und ihren Leistungen vermindert. Dieser Veränderung entspricht eine Veränderung in der Blutvertheilung des Organismus. In der obigen Betrachtung der Regulirung des Blutzuflusses zu dem stärker arbeitenden Organe berücksichtigen wir nur die allgemeine Regulirung der Circulation, aber die regulirenden Momente führen auch dem arbeitenden Organe absolut mehr Blut zu, das arbeitende Organ wird blutreicher. Das kann nur bei einer zeitlichen Veränderung der Blutvertheilung im Gesamtorganismus eintreten, d. h. während dem arbeitenden Organe mehr Blut zugeführt wird, verarmen die übrigen Organe an Blut, ein Verhältniss, das durch die dabei im Allgemeinen eintretende Beschleunigung der Blutbewegung nicht vollkommen ausgeglichen wird. Wir beobachten daher bei gesteigerter Thätigkeit der Verdauungsorgane eine objective und subjective Muskelermüdung und Ermüdung der nervösen Centralorgane, wenigstens zum grossen Theil hervorgerufen durch mangelnde Energie des Diffusionsstroms zwischen diesen Organen und den sie nun in wesentlich verminderter Menge umspülenden Flüssigkeiten, wodurch eine Anhäufung von müdend wirkenden Zersetzungsprodukten in Muskel- und Nervensubstanz sich ergibt. Die Lebensenergie dieser Gewebe sinkt und damit ihr Stoffverbrauch. Ganz analog ist es im umgekehrten Fall, wir wissen, dass sehr gesteigerte Muskelthätigkeit die Verdauung behindert. Nach dem oben vorgetragenen allgemeinen Gesetz der Regulirung können wir die Steigerung oder Verminderung des Blutzuflusses zu den Organen als ein Maass für die Energie der Lebensthätigkeit in denselben betrachten, und die relative Blutmenge, welche ein Organ erhält, wird uns im Allgemeinen ein Maass für den in demselben eintretenden Stoffverbrauch (d. Blutvertheilung bei Ruhe und Bewegung der Muskulatur). Die Resultate der Bestimmung der Blutvertheilung in den Hauptorgangruppen ergeben in diesem Sinne, dass der Stoffumsatz bei Säugethieren sich vertheilt zu  $\frac{1}{3}$  auf die ruhenden Muskeln,  $\frac{1}{3}$  auf die Leber und  $\frac{1}{3}$  auf die übrigen Organe. Ein Resultat, welches durch directe Versuche über Kohlensäureausscheidung bei verstümmelten Thieren (Fröschen) Bestätigung fand (cf. unten Gewebsathmung).

**Geschmack- und Geruchssinn** dürfen unter den regulatorischen Einrichtungen für die Nahrungsaufnahme nicht zu niedrig angeschlagen werden. Hier haben wir das Mittel, um auf speciellen Bedürfnissen des Organismus gerecht zu werden. Man hat sich hier z. B. an das Kochsalzbedürfniss, das bei Kranken ihrer Kochsalzverarmung wegen oft einen so hohen Grad erreicht, an das Bedürfniss nach Fleischsuppen bei Bevölkerungen, welche

<sup>1)</sup> Das Nähere cf. in: Die Ernährung des Menschen. Von JOHANNES RANKE, München. R. Oldenburg 1876.

das Fleisch gekocht geniessen, zu erinnern. Die legende Henne frisst, ihrem gesteigerten Kalkbedürfniss entsprechend, Mörtel- und Kalkstückchen.

**Verbrennung im Blut.** — Der alte Streit, wo die Oxydationen stattfinden, im Organismus oder im Blute (cf. oben S. 205), lebte in der neuesten Zeit wieder auf. PFLÜGER hatte nachgewiesen, dass das lebende Blut eine selbständige Athmung, analog der Gewebsathmung, betreibt. Es nimmt geringe Mengen von Sauerstoff auf, die es verbraucht, und gibt dafür Kohlenstoff ab. ALEX. SCHMIDT hat im Laboratorium LUDWIG's gefunden, dass bei erstickenden Thieren Gase aus dem Blute in das Blut übertreten, welche den Blutsauerstoff binden und verbrauchen. Unter diesen Umständen findet also eine gesteigerte Verbrennung im Blute statt. Man hat auch künstliche Stoffersetzung im Blute durch Injection leicht oxydirbarer Substanzen gesteuert. SCHEREMETJEWSKI fand nach Injection von milchsaurem und capronsaurem Natron und Glycol die Kohlensäureausscheidung gesteigert. Wirkungslos fand er in dieser Beziehung Zucker. Dennoch sollen nach neueren Angaben Zuckerinjectionen die Sauerstoffmenge des Blutes vermindern. Normal aber bleibt dieser Vorgang in der Verbrennung im Blute in engen Grenzen, und verschwindet fast gegen die Oxydation in den Geweben. Die theoretischen Bedenken, welche gegen eine Oxydation in den Geweben erhoben wurden, indem man die Kräfte zur Sauerstoffdiffusion aus dem Blute in die Gewebe nicht in genügendem Maasse zugegen glaubte, wurden von PFLÜGER widerlegt (cf. Sauerstoffathmung). Die Verbrennung findet in den Geweben, in den Zellen statt, die Zelle ist der eigentliche Sauerstoffkonsument im Organismus (PFLÜGER). Das Blut enthält in geringer Menge wahre Zellen, die weissen Blutkörperchen, und wird diesem Gehalt an Zellen entsprechend am Gesamtstoffwechsel betheiligten, ebenso die Lymphzellen. Die rothen Blutkörperchen scheinen im Blute selbst nur in sehr geringem Maasse am Stoffverbrauch Theil zu nehmen, anders scheint ihr Verhalten in den Blutdrüsen.

Es wurde in neuerer Zeit die Möglichkeit des Eintritts von Eiweissstoffen in die Gewebe aus dem Blute als eine nur sehr beschränkte dargestellt, so dass man, der alten Luxusabsorption entsprechend, wieder an eine Verbrennung der Hauptmasse der Eiweissstoffe, der Peptone im Blute dachte (FICK). Auch diese Anschauung widerstreitet den Beobachtungen, welche normal in dem Blute nur eine minimale Verbrennung constatiren. Die neueren Annahmen scheinen vorzüglich daraus hervorzugehen, dass man sich die Bedingungen der Stoffaufnahme in die Zellen und aus den Kapillaren den Diffusions-Experimenten mit todt oder anorganischen Scheidewänden entsprechend denkt. Abgesehen von dem Imbibitionsgesetz für lebende Gewebe (cf. S. 132), ist hier daran zu erinnern, dass die Kapillaren selbst als Protoplasmaschläuche anzusehen sind (cf. unten bei Blutgefässe), ebenso wie die beträchtlich grosse Anzahl der Zellen des Organismus nur Protoplasmaegebilde sind, umgeben von Membranen, z. B. die Leberzellen. Nun wissen wir, dass für die Aufnahme von Stoffen in das Protoplasma die Diffusionsgesetze auch insofern modificirt werden, dass das Protoplasma nicht nur Lösungen, sondern auch aktiv Körnchen oder Fetttröpfchen und noch leichtere Kolloidsubstanzen, wie z. B. Eiweiss, in sich aufnehmen können. Aber auch das darf nicht vergessen werden, dass die einzelne, besonders die jugendliche Zelle ebenso wie der Gesamtorganismus die Fähigkeit hat, Stoffe zu verdauen, d. h. zu lösen und chemisch so zu verändern, dass sie leichter der Diffusion unterliegen können. Der unten angegebene Nachweis von Verdauungsfermenten, die Säureproduktion der Gewebe u. a., sind in dieser Richtung zu deuten. (Ueber die Verwendung der Peptone cf. unten S. 249 und an den betreffenden Abschnitten.)

**Circulirendes und Organeiwiss.** — BISCHOFF und VOIT, sowie PETTENKOPER und LEHMANN lehren, dass die Oxydationen in der Zelle stattfinden und zwar während der Bewegung in der Säftemasse gelösten Stoffe die Zelle durchsetzen. Je bedeutender der Säftestrom ist, desto höher steigert sich die Zersetzung, alle Momente, welche eine Steigerung des Säftestromes bewirken, bewirken auch eine Steigerung des Stoffverbrauchs. Eisen steigert den Säftestrom am meisten, Fett und Kohlehydrate vermindern ihn, im Hunger ist er am unbedeutendsten; die Veränderungen des Säftestroms sind ganz in dem Sinn, in welchem

die Nahrungsverhältnisse den Stoffumsatz beeinflussen. Es ist klar, dass wir ganz ebenso gut wie die Sauerstoffaufnahme auch die Grösse des Säftestroms als ein Maass für die Lebensfähigkeit des Gesamtorganismus und seiner Zellen, den eigentlichen Regulatoren des Stoffverbrauchs, betrachten dürfen. nur müssen wir nicht vergessen, dass die Steigerung oder Verminderung des Säftestroms zunächst nur ein Zeichen einer gesteigerten oder verminderten Thätigkeit namentlich der Verdauungsorgane ist, welcher erst secundär ganz analog wie eine Steigerung der Atmung oder Beschleunigung der Blutcirculation etc. den Gesamtstoffumsatz beeinflusst.

Voir statuiert einen Unterschied in der Leichtigkeit, mit welcher geformtes und ungeformtes Eiweiss dem Stoffumsatz unterliege. Er unterscheidet zwischen dem in dem Zellprotoplasma und seinen Derivaten geformten Eiweiss, dem Organeiweiss und dem in dem intermediären Säftestrom durch den gesammten Organismus von Zelle zu Zelle circulirenden, flüssig beweglichen Eiweiss, dem circulirenden Eiweiss, welches er früher auch als circulirenden Vorrath, oder Vorrathseiweiss bezeichnete. Die Zersetzungen des circulirenden Eiweisses treten nach Voir vorzüglich ein, wenn es mit der Säftemasse die Zellen oder Zellmembranen durchsetzt. Das aus der Nahrung in die Säftemasse aufgenommene Eiweiss circulirt mit dem schon von früher her darin enthaltenen, und ersetzt das Verlorene. Sowie es einmal mit der übrigen Säftemasse gemischt ist, existirt keine Scheidung mehr zwischen den alten und neu aufgenommenen Bestandtheilen. Die neu aufgenommenen Moleküle können den nächsten Augenblick wenigstens zum Theil mit in die Zersetzung hineingerissen werden. Das im Säftestrom befindliche circulirende Eiweiss soll nun nach Voir einer sehr viel rascheren Zersetzung unterliegen als das Organeiweiss. Die festen Protoplasmabildungen der Zellen (Organeiweiss) fallen zwar auch der Zersetzung anheim, aber es sind nach Voir bei ihnen die Stoffumänderungen unverhältnissmässig viel langsamer als bei dem flüssig beweglichen Eiweiss, welches die Zellen durchströmt. Voir berechnet, dass von seinem Organeiweiss täglich etwa nur 4% zerstört wird, während von seinem circulirenden Eiweiss täglich etwa 700% verbraucht werden. Er stützt sich dabei vornehmlich auf den minimalen Stoffverbrauch im Hunger, wo fast nur Organeiweiss zur Zersetzung übrig sei, verglichen mit dem enorm gesteigerten Eiweissverbrauch bei reichlicher Fleischnahrung, welche Steigerung unter Umständen 1000% und noch mehr betragen kann. Nach unserer oben vorgetragenen Anschauung erklärt sich der gesteigerte Verbrauch aus der gesteigerten Thätigkeit und dem dabei gesteigerten Stoffverbrauch der Verdauungsorgane, wodurch eine grössere Menge Verdauungsflüssigkeiten (Speichel, Magensaft, Galle, Bauchspeichel, Darmsaft) abgesondert wird, welche den intermediären Säftestrom anschwellen lassen, der dann wieder secundär die oben geschilderte Einwirkung auf die Lebensfähigkeiten und damit den Stoffverbrauch aller Zellen und Organe des Körpers entfaltet.

Voir hat seine Lehre in ein System gebracht, welches sich für die Erklärung der Stoffwechselversuche vielfach Eingang verschafft hat. Voir lehrt (bis zum Schluss des §.):

Die Grösse des Stoffverbrauchs wird (in der Ruhe) geregelt, 1. durch die Masse der Körperorgane: das Organeiweiss, da mehr Zellen im Allgemeinen auch mehr zersetzen; 2. durch die Masse des gleichzeitig im Organismus enthaltenen circulirenden Eiweisses. Da aber das Organeiweiss sich in viel geringerer Quantität zersetzt als das circulirende Eiweiss, so bestimmt bei Ernährungsversuchen vorzüglich das letztere die Zersetzungsgrösse. Die Menge des circulirenden Eiweisses hängt von der Nahrung ab, reine Eiweissnahrung vermehrt dieselbe am bedeutendsten; bei hungernden Thieren ist die Menge des in den ersten Hungertagen noch im Körper vorhandenen circulirenden Eiweisses von der vorausgegangenen Nahrung abhängig. Je grösser dieser Zersetzungs-vorrath in der circulirenden Säftemasse ist, welcher aber niemals einige Pfunde flüssig gedachten Fleisches übersteigt, desto bedeutender ist die Gesamtzersetzungsgrösse. So kann es kommen, dass ein verhältnissmässig organarmer Körper, der also wenig Organeiweiss besitzt, bei entsprechender Nahrung ebenso viel oder mehr zersetzt als ein anderer, der ihm in ersterer Beziehung

weit überlegen ist, aber weniger circulirendes Eiweiss in sich enthält, da er in der letzten Zeit weniger oder andere Nahrung erhalten hat.

Im Hungerzustande, in welchem schliesslich der Vorrath an circulirendem Eiweiss ein Minimum herabgesetzt wird, kommt nun dagegen die Organmasse zur überwiegenden Geltung. Die Organe sind, was ihre festen Theile betrifft Reservoirs, aus denen der Organismus Stoffe in seinen Zersetzungs-vorrath herein nehmen kann. Je gefullter diese Reservoirs sind, desto mehr kann an den Zersetzungs-vorrath abgegeben werden, endlich erreicht aber nur noch Organeiweiss zur Zersetzung bleibt, die Zersetzungs-grosse des Organismus erreicht eine untere Grenze unter welche sie nicht weiter herabsinken kann, es bleibt dann die Menge in gleicher Zeit ausgeschiedenen Zersetzungsprodukte längere Zeit konstant, zum Beweise dass eine kleine aber genau bestimmte Zersetzungs-grosse für die Erhaltung des Lebens des Organismus unumgänglich nothig ist.

Es gibt sonach ganz verschiedene Körperzustände, in welchen die Grosse der gegenzeitigen Zersetzung genau die gleiche sein kann. Man muss die Organismen je nach der Menge ihrer festen Organe Organeiweiss und nach ihrem Zersetzungs-vorrathe circulirendes Eiweiss ins Auge fassen. Es existiren hierin die grossen Schwankungen, die mannigfaltigsten Combinationen von Organmasse und Vorrath können ein gleiches Resultat in Beziehung auf Stoffverbrauch hervorbringen.

Wie unter Umständen — im Hunger — aus den Reservoirs der Organe Stoffe in den Verbrauchsvorrath abgegeben werden können wobei der Organismus also an Organmasse nimmt abmagert, ebenso kann aus dem Vorrath an die Organe abgegeben werden und der Körper organreicher, gemästet wird. Dies tritt nach den obigen Andeutungen dann wenn durch Herabsetzung des intermediären Saftstroms sich ein Missverhältniss zwischen der Menge der genossenen Nahrungsmittel und der eintretenden Zersetzung zu Gunsten ersteren einstellt.

Ist die Menge des circulirenden Eiweisses angewachsen, so ist man genöthigt wenn der Körper nicht wieder abnehmen soll, ihm diejenige Menge Eiweiss welche den gewöhnlichen Körperzustand erzeugt hat, beständig darzureichen.

### Ernährungsversuche: I. Gruppe.

Die Ernährungsversuche, wie sie von Physiologen und Agriculturchemikern auf Linné's Anregung vielfach angestellt wurden, gliedern sich theoretisch in zwei Gruppen I. Versuche mit wechselnder Quantität und Qualität der Nahrung bei gleich bleibenden sonstigen physiologischen Lebensbedingungen resp. mit Vernachlässigung des fort und fort stattfindenden Wechsels der letzteren. II. Versuche mit möglichst gleich bleibenden Ernährungsverhältnissen und experimentellem Wechsel der sonstigen physiologischen Lebensbedingungen. Wir beginnen mit der I. Gruppe

#### Eiweissnahrung.

In einem Körper, der in der vorausgehenden Ernährungsperiode viel Eiweissstoffe in der Nahrung erhalten hat, ist die Lebensthätigkeit und der Stoffverbrauch gesteigert. Auch die anderen Nahrungs- und Körperstoffe z. B. das Fett, unterliegen dann einer gesteigerten Zersetzung, so dass bei reichlicher Eiweissnahrung neben beschränkter Zufuhr von Fett und Kohlen-



hydraten vom Körperfett zerstört, der Körper fettärmer wird (BANTING, cf. unten), während bei geringer Eiweissmenge in der Nahrung und reichlichem Zusatz von Fett oder Kohlehydraten durch den umgekehrten Einfluss auf die Lebensfähigkeit eine Verminderung der Zersetzungsgrösse (der Sauerstoffaufnahme) und damit ein Ansatz von Fett (und Fleisch) erfolgen kann (Mästung).

Es ist bis jetzt noch niemals gelungen, einen menschlichen Organismus auch nur mit annähernd reiner Eiweisskost — z. B. mit fettfreiem Fleischeiweiss + Leim etc.) vollständig zu ernähren.

Die tägliche Kohlensäure-Ausscheidung des erwachsenen ruhenden Menschen beträgt nach meinen mit dem PETTENKOFER'schen Respirationsapparate angestellten Versuchen circa 760 Gramm oder 207 Gramm Kohlenstoff. Diese Grösse ist während der Körperruhe nur sehr geringen Schwankungen unterworfen; im Hungerzustande während des ersten Hungertages sank die Grösse auf 663 Gramm  $\text{CO}_2$  oder 184 Gramm C, bei übermässig reichlicher gemischter Kost belief sich die Steigerung auf 926 Gramm  $\text{CO}_2$  oder 252 Gramm C. Nehmen wir 200 Gramm C als die wahrscheinliche Respirationsausscheidung in 24 Stunden an, so bedürfen wir allein zur Deckung dieses Verbrauches 1599 Gramm fettfreies Fleisch, das bei einem Wassergehalt von 75,9% 12,52% Kohlenstoff enthält. Da in 100 Gramm Fleisch 3,4 Gramm Stickstoff enthalten sind, so berechnet sich der Gehalt an diesem Elemente in den 1599 Gramm Fleisch auf 54,1 Gramm. Bei der Zersetzung des Fleisches verlässt fast diese ganze N-Menge den Organismus als Harnstoff. Um für diese N-Menge das erforderliche Gewicht an C zur Harnstoffbildung zu erhalten, bedarf es einer weiteren Zersetzung von 200 Gramm Fleisch, so dass die für einen Erwachsenen zur Ernährung für einen einzigen Tag erforderliche Fleischmenge 1800 Gramm beträgt. Wenn wir bedenken, dass im günstigsten Falle nur etwa 90% der aufgenommenen Fleischnahrung wirklich verdaut wird, so erhalten wir für den ruhenden Menschen als erforderliches Gewicht einer ausschliesslichen Fleischnahrung für 24 Stunden 2000 Gramm, ein Arbeiter würde noch ziemlich viel mehr bedürfen (cf. unten). Diese Zahlen sind geeignet, dem Arzte einen deutlichen Wink zu geben, was er von einer alleinigen Ernährung mit Fleisch zu halten hat. Es können dadurch dem Organismus seine durch Hunger erlittenen Verluste nicht vollständig ersetzt werden.

Es ist bemerkenswerth, dass, wie oben angegeben, der Ansatz von Muskel bei Fleischkost nicht so bedeutend ist, wie man wohl glaubte erwarten zu dürfen. Bei Fleischkost ist die Eiweisszersetzung eine enorme in 24 Stunden. Während ein gesunder Mann in einem Tage etwa 37 Gramm Harnstoff ausscheidet, der grösstentheils aus dem zersetzten Eiweiss her stammt, konnte ich die Harnstoffausscheidung durch Fleischgenuss bei voller Gesundheit bis auf 86 Gramm steigern (J. RANKE).

Man nahm früher an, dass die mechanischen Arbeitsleistungen des thierischen und menschlichen Organismus in der Eiweissoxydation ihre Quelle haben, man musste dann glauben, dass ein so massenhaft Albuminate zersetzender Organismus auch die grösste Kraft entwickeln können. Es ist mit Rücksicht hierauf interessant, dass die heutigen englischen Faustkämpfer wie die Preiskämpfer im klassischen Alterthume sich durch fortgesetzten ausschliesslichen Fleischgenuss auf ihre enorme Kraftleistung vorbereiten. Uebrigens bringt ein bedeutend gesteigerter Fleischgenuss nicht sofort das Gefühl der Kräftigung hervor.

Das erste Gefühl ist, wie ich beobachtete, eine ganz auffallende Mattigkeit und Abgeschtheit der Muskeln, verbunden mit nervöser Aufregung, welche sich bis zur Schlaflosigkeit steigern kann. Wir haben hierin die Wirkung der plötzlich in so grosser Menge aus den Verdauungsorganen in das Blut und von da in die Organe — Muskeln und Nerven — gelangten Kalisalze und Extractivstoffe des Fleisches, von denen wir schon wissen, dass ihre Wirkungen den eben geschilderten entsprechen. —

Die Ergebnisse der Ernährungsversuche mit möglichst reiner Fleischnahrung, welche BISCHOFF und VOIT und PETTENKOFER und VOIT sowie von VOIT allein u. a. am Fleischfresser (Hund) gewonnen wurden, wurden durch meine Versuche am Menschen auch diesen grossentheils bestätigt. Nur ergibt sich der schon erwähnte Unterschied, dass es nicht gelang, eine vollkommene Ernährung mit Fleisch zu erreichen. Wir treffen offenbar auf Unterschiede der Omnivoren von den Fleischfressern in Beziehung auf die Ernährung. Der von BISCHOFF und VOIT zu ihren Untersuchungen benutzte nur halb so schwere Hund vermochte ganz gut 2500 Gramm fettfreies Fleisch zu fressen, zu verdauen und zu assimilieren; der Mensch vermag dies nicht, wenigstens nicht das untersuchte Individuum. Es zeigt hier gewiss die Einwirkung der Gewöhnung des Menschendarms an gemischte und weniger voluminöse Kost in Wirksamkeit. Bei dem Menschen machte ich zuerst die Beobachtung, dass bei übermässiger Fleischzufuhr von dem Eiweiss desselben ein Theil vom Körper zurückgehalten werden kann, während gleichzeitig noch ein Theil vom Körper hergegeben wird. Diese Möglichkeit war bis dahin für andere Versuche noch nicht festgestellt worden. Die Erklärung liegt vielleicht in dem relativen Fettreichtum des menschlichen Körpers. VOIT gibt neuerdings auch für den Hund an, dass die Fleischnahrung den Körper nur dann auf seinem Bestande zu erhalten vermag, wenn derselbe kräftig, d. h. fettarm ist, so dass die alte Lehre, dass der Organismus allein mit Albumin zu ernähren sei, auch für den Fleischfresser in ihrer Allgemeinheit hinfällig erscheint. Ein Versuchsbeispiel stehe hier folgender von mir an der eigenen Person angestellter Versuch:

Anfangsgewicht (rein = ohne Koth im Darm) 72,927 Kilogramm  
Endgewicht - - - - - 72,781 -  
Differenz = Abnahme trotz der grösstmöglichen Fleischaufnahme: 146 Gramm

Einnahmen:		N	C	Ausgabe:		N
1832 Gramm Fleisch	Nahrung	62,29	229,36	86,3 Gramm Harnstoff.	.	40,28
70 - Fett		0	50,27	1,95 - Harnsäure	.	0,65
3374 <sup>cc</sup> Wasser.				99,00 - Koth	.	3,26
31 Gramm Kochsalz.				In der Respiration	.	0
				2073 <sup>cc</sup> Harn.		
				26,6 Gramm Kochsalz.		

Die Differenz in den Einnahmen und den Ausgaben = + 18,4 Gr. N. entspricht 523 Gramm rohen Fleisches, die in irgend einer Form im Körper zurückgehalten, angesetzt wurden, um die Ausgaben zu decken, mussten mit Rücksicht auf diesen Ansatz noch 25,44 Gramm zersetzt werden, die vom Körper geliefert wurden. Es ergibt sich dann immer noch eine Körperabnahme von 71 Gramm durch Wasserverlust. In zwei anderen Versuchen betrug der Gewichtsverlust des Körpers namentlich durch Wasserabgabe bei übermässiger Fleischnahrung sogar: 1179 und 1089 Gramm!

An die Ernährung mit Fleisch schliesst sich die mit Hülsenfrüchten an. WOROZNIKOW konnte an sich selbst eine vollkommene Ernährung mit Erbsen erreichen, wenn er diesen noch die erforderliche Quantität von Kohlehydraten in Form von Brod oder Zucker und Kochsalz zusetzte. (Ueber Linsenmehl cf. unten bei Krankenkost.)

Es soll hier noch darauf hingewiesen werden, dass nach den übereinstimmenden experimentellen Erfahrungen von R. MALY, PLÓSZ, A. GYÖRGYAI



**ADAMKIEWICZ** u. **A.** die **Peptone** bei der Ernährung vollkommen die Rolle als Gewebbildner für die Eiweissstoffe übernehmen, d. h. im Organismus in Eiweissstoffe rückverwandelt werden können. Die Gewebe verbrauchen nach direkten Versuchen die durchgeleiteten Peptone. In die Venen eingespritzte Peptone erscheinen theilweise im Harn.

**Acrolein** wird vom Magensaft so gut wie nicht angegriffen und erscheint in den Faeces wieder, wo es an seinem Phosphorgehalt zu erkennen ist. (**A. BÓKAY**).

**Lecithin** wird langsam vom Magensaft, rasch von dem fettspaltenden Pankreasferment angegriffen, es zerfällt in Glycerinphosphorsäure, Cholin und fette Säuren und wird im Darmkanal resorbirt. (**A. BÓKAY**).

### Hungerzustand.

Der Hungerzustand ist von dem Zustande der Ernährung nicht principiell verschieden. Die Lymphgefässe saugen fortwährend die in den Organen vorhandenen flüssigen Nährstoffe ein und führen sie dem Blute zu. Bei der Ernährung wird ein Organ — der Darm — künstlich von aussen her mit Nährstoffen überladen, so dass er plötzlich eine so grosse Säftemasse dem Blute übergeben kann, dass man die fort und fort in analoger Weise stattfindende Ernährung des Blutes aus den anderen Organen darüber zu übersehen geneigt ist. Je nach dem wechselnden quantitativen Verhältniss der Körperorgane (Drüsenapparate und Bewegungsapparate) zu einander, welche in verschiedener Intensität (am stärksten die Drüsen) sich an dem Stoffumsatz betheiligen, je nach der eiweissreicheren oder fettreicheren Zusammensetzung der Organe, aus denen die Säftemasse ihre Speisung zieht, je nach der von einer früheren Ernährungsperiode abhängigen Lebensenergie namentlich der Verdauungsorgane (nach **VOIT** je nach der Menge des noch restirenden circulirenden Eiweisses) muss selbstverständlich der Hungerzustand bei verschiedenen Individuen ebenso verschieden sein, wie verschiedene Ernährung. Ein hungernder Organismus, der kein Fett besässe, müsste seine täglichen Körperversluste wesentlich aus seinem Körpereiwiss und der leimgebenden Substanz bestreiten, er bedürfte dazu einer sehr grossen Menge von Stoff, ähnlich, als wollte er sich sonst durch alleinige Fleischnahrung erhalten. Je fettreicher er ist, je mehr Fett demnach dem Säftevorrath aus den Organen neben Eiweiss übergeben werden kann, desto geringer wird sein Eiweissverbrauch sein, da nun ein Theil seiner Leistungen auf Kosten des Fettes bestritten wird. Ein fettreicher Organismus verbraucht im Hunger also zuerst ein Plus von Fett, so dass sich endlich das Eiweiss-Fettverhältniss seiner Organe zu Gunsten des Eiweisses modificiren muss; schliesslich wird ein Zustand eintreten, in welchem das Eiweiss ein gewisses Uebergewicht über das Fett erhält, so dass bei lange hungernden Organismen der Eiweissverbrauch gegen den Fettverbrauch wieder etwas zunimmt, während vorher eine Reihe von Tagen hindurch der tägliche Verbrauch, also auch die täglichen Ausscheidungen durch Respiration und Nieren sich gleichmässig erhielten.

Man sieht aus dem bisher Gesagten, wie wenig wir auch für den Hungerzustand eine für alle Organismen allgemein geltende Verbrauchsregel aufstellen können. Ebenso wie bei verschiedener Nahrungszufuhr von aussen her die Umsatzverhältnisse ganz verschieden sich gestalten, ebenso müssen sie es thun,

wenn die Lebensenergie der Organe und die »innere Nahrungszufuhr« der Organen eine verschiedene ist. Da kein Organismus mit einem anderen in Beziehung auf seine Lebensthätigkeiten und Körperstoffverhältnisse ganz identisch ist, so ist auch der Zustand des Hungers bei jedem ein verschiedener und hat für jeden quantitativ verschiedene Folgen haben.

Der Verlust an Organstoffen, welchen der Hungernde in 24 Stunden erleidet, ist im Allgemeinen ein nur sehr geringer. Sehen wir von der Salzwasserabgabe ab, welche natürlich fort und fort stattfindet, so beträgt der Körperverschleiß kaum ein ganzes Procent. Beobachtungen am Menschen, welche hier vor Allem interessiren, ergaben mir, dass auf 1 Kilogramm des menschlichen Körpers am zweiten Hungertage im Mittel ein Verlust von 0,13 Gramm Stickstoff und 2,59 Gramm Kohlenstoff trifft. Diese geringen Stoffverluste, welche täglich verloren gehen, machen es verständlich, dass der thierische menschliche Organismus, besonders wenn die Wasser- und damit auch die im Trinkwasser enthaltenen anorganischen Stoffe, die Salzaufnahme gehindert ist, den Hunger so lange erträgt, so dass der Tod durch Mangel an Nahrungszufuhr allein meist erst zu Ende der dritten Woche eintritt.

Der allgemeinen Selbstverzehrung entsprechend findet sich die Organe der Verhungerten vermindert. Die Fettablagerungen sind geschwunden, auch die Muskeln sind sehr reducirt, während das Nervengewebe und das Knochengewebe öfters wenig Verluste zeigen. Die Blutmenge ist der allgemeinen Körperverschmälzung entsprechend vermindert. Der Tod tritt ein, nachdem das Körpergewicht etwa auf die Hälfte herabgesunken ist. Der Magen enthält bei verhungerten Thieren eine geringe Menge sauren Inhalts, auch Galle wird, wie F. Meckel behauptet, noch fortwährend, jedenfalls aber in sehr verminderter Menge in den Darm ergossen. Für den Menschen wurden von mir in einer Reihe von 48stündigen Hungerversuchen die für den Fleischfresser gewöhnlichen Resultate bestätigt.

Nach den Bestimmungen Voit's, die mit alteren übereinstimmen, war der Verlust der Organe einer verhungerten Katze erlitten hatten, folgender: 100 Gramm Organ an Gewicht:

Knochen . . . . .	frisch	13,9 0/0	trocken	— 0/0
Muskeln . . . . .	-	30,5 -	-	30,2 -
Leber . . . . .	-	53,7 -	-	56,6 -
Nieren . . . . .	-	25,9 -	-	21,3 -
Milz . . . . .	-	66,7 -	-	63,1 -
Herz . . . . .	-	2,6 -	-	— -
Gehirn und Rückenmark . . . . .	-	9,2 -	-	0 -
Fettgewebe . . . . .	-	97,0 -	-	— -
Blut . . . . .	-	27,0 -	-	17 -

Die Organe werden durch den Hunger wasserreicher. Bei einer verhungerten Katze war nach Voit der Wassergehalt der Muskeln bis auf 76,5 0/0 gestiegen, während er bei wohlgenährten Katze 74,6 0/0 betrug. Bei Fröschen sinkt nach meinen Beobachtungen die Menge fester Stoffe in den Muskeln während des Winters, wenn die Thiere keine Nahrung aufnehmen, von 21 0/0 auf 17 0/0, während der Wassergehalt entsprechend steigt. Auch bei den im Winter schlafenden Murmelthieren hat C. AEBY eine Abnahme des Wassers im Blut und Muskel constatirt, hier überwiegt also die Wasserabgabe durch die Verdunstungen die Stoffzersetzung der Organe.

Der Hund, welchen F. A. FALK verhungern liess, starb, als er 48% an Gewicht verloren hatte. In den ersten Tagen des Hungers sank die Harnstoffmenge beträchtlich, in der Folge stieg sie wieder, sodass durch mehrere Tage mehr Harnstoff ausgeschieden wurde, als am Hungertage. Aus weiteren Versuchen ergibt sich, dass das nur für junge Hunde gilt, bei denen sinkt die Harnstoffausscheidung continuirlich. Bei jungen Hunden sinkt erst in den dem Hungertode vorausgehenden Tagen mit der Körpertemperatur auch die Harnstoffmenge weiter. Diese Erfahrungen lassen sich dadurch deuten, dass in den ersten Hungertagen vorwiegend Fett, wenn dieses verbraucht ist, eiweisshaltige Körpersubstanzen verzehrt werden. Resultat, welches im Allgemeinen mit den Beobachtungen von VOIT und SCHMIDT übereinstimmt. Der tägliche absolute Verlust an Körpergewicht ist natürlich abhängig von dem Körpergewicht des Thieres, relativ ist er um so höher, je jünger das Thier. Hunde von 18 Stunden Alter (bei dem Anfang der Hungerperiode) nehmen täglich an Gewicht 57%, solche von 143/4—153/4 Tagen 4,83%, von 1 Jahr 2,73%, von 3 Jahren 1,77%, mehr als drei Jahren 1,099%. Dem entsprechend hielt der älteste Hund den Hungerzustand am längsten aus: 61 Tage. Ganz junge Thiere sterben, wenn der Verlust etwa 25% beträgt, bei den anderen findet sich ziemlich constant die oben angegebene Verlustgrenze von

Jüngere Thiere halten den Hunger also viel weniger lange aus als ältere. Analog wie Unterschiede der Abnahme des Körpergewichts sind auch die in der Quantität der Ausscheidungen vom Alter abhängig. Die Harnstoffausscheidung betrug z. B. bei einem Hunde von 1 Jahr im Durchschnitt 4,466 Grm. auf 1 Kilo Körpergewicht, bei dem ältesten nur 0,432 Grm. Die Harnsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure enthielt der Harn bis zum Tode. Die Phosphorsäureausscheidung ist grösser als sie dem Verlust an »Fleisch« vom Körper entsprechen würde, sodass daraus hervorgeht, dass auch die Knochen etc. mit an dem Verlust sich betheiligen.

Langdauernde Ernährungsstörungen machen sich beim Menschen in der gleichen Richtung geltend. Bei einem alten an Marasmus verstorbenen Manne z. B. fand ich die Bestandtheile seiner Organe bedeutend vermindert und durch vermehrtes Wasser ersetzt.

Zur Vergleichung stelle ich meine Beobachtungen mit denen von E. BISCHOFF zusammen, die er an einem gesunden Hingerichteten in mittleren Jahren gewann. 400 Gramm des Organes enthalten feste Bestandtheile.

	(nach BISCHOFF)		(nach RANKE)	
Muskeln . . . . .	I. jüngerer Mann	24,3%	II. alter Mann	15,2%
Gesammthirn . . . . .	-	25,0 -	-	19,5 -
weisse Gehirnmasse . . . . .	-	— -	-	27,0 -
graue . . . . .	-	— -	-	12,8 -
Rückenmark . . . . .	-	30,3 -	-	27,1 -
Blut (normal) . . . . .	-	21,0 -	-	11,0 -

Nach den Beobachtungen an Thieren leidet das Gehirn am wenigsten von der fortgesetzten Ernährungsstörung. Auch beim Menschen kann sich das Gehirn am längsten frei erhalten von den Störungen, die der Gesamtorganismus erleidet. Wir sehen bei ausgedehnten Ernährungsstörungen (Krankheiten) nicht selten die geistigen Thätigkeiten noch in voller Thätigkeit, während die übrigen körperlichen Functionen, z. B. Muskelleistung, ganz darniederliegen. Störungen des Gesamtorganismus zeigen sich meist erst in den weiter gehenden Stadien auf die chemische Zusammensetzung dieser Organe von erkennbarem Einfluss. So sehen wir, wie die vorstehende Tabelle ergibt, bei anhaltender Ernährungsstörung die Abnahme an festen Stoffen im Muskel und in den übrigen Organen Hand in Hand gehen mit wenigstens ebenso starken Abnahme an festen Stoffen im Gehirn und Rückenmark. Die Frage, warum der Tod bei dem Verhungern eintritt, weit früher als wenn die Organe verzehrt sind, ist noch nicht vollkommen gelöst. Es scheint, dass die grosse Abnahme, welche die Organe erkennen lassen, die nöthigen Oxydationen nicht mehr in dem Maasse eintreten lässt, wie dieses auch bei der Ermüdung der Muskeln stattfindet. Der höhere Wassergehalt ermüdet Nerven und die Muskulatur; der Schwächezustand der Organe ist wenigstens theilweise auf dieses Verhältniss zu beziehen. Eine solche fortge-

setzte Ermüdung oder Halblähmung der gesamten Muskulatur wird selbstverständlich Organfunktionen wesentlich beeinträchtigen, besonders die Herz- und Athembewegungen, dass die grosse Reihe von Störungen, die sich hieraus secundär ergeben muss, vielleicht allein als Todesursache gelten kann.

Auch im Hungerzustande rufen alle Momente, welche die Lebensthätigkeit wichtige Gangruppen erhöhen, einen grösseren Stoffumsatz hervor, wie z. B. Genuss von Salzen, reichliches Wassertrinken, Muskularbeit, entzündliche Processe etc.

Aus meinen Hungerversuchen, an mir selbst angestellt, wähle ich als Versuchsbeispiel für den Menschen aus, in welchem auch kein Wasser aufgenommen wurde.

**Hungerversuch.**

Beginn des zweiten Hungertags Mittags, 24 Stunden nach der letzten Nahrungsnahme. Das körperliche Befinden vollkommen normal, kein Schwächegefühl; die Zimmertemperatur betrug im Mittel 19,50 C. Während der Nacht der Schlaf unruhig. Am Morgen stellte sich Schwere im Kopf, Magendrücken und ziemliches Schwächegefühl ein. Hungergefühl zeigte sich nur bei der gewöhnlichen Zeit der ausfallenden ersten und zweiten Nahrungsaufnahme, am Ende des Versuchs ist es kaum bemerkbar.

Körpergewicht vor dem Versuch (rein) 69643 Gramm  
- nach - - - 68513 - (Abnahme 1130).

Aus den Ausgaben in Harn und Respiration wurden die Stoffverluste des Körpers (nahmen) berechnet für 24 Stunden des zweiten Hungertags:

Ausgaben:		N	C	Einnahmen:		N
(bestimmt)				(berechnet)		
17,025 Harnstoff	. . .	7,9455	3,5654	50,7 Gramm Albumin	. . .	8,024 2
0,236 Harnsäure	. . .	0,0786	0,0843	198,1 - Fett	. . .	0 15
In der Respiration	. . .	0	180,8500	Summe		8,024 18
Summe		8,024	184,5			

Der berechnete Gesamtverlust an Albumin und Fett beträgt 248,8 Gramm; dazu kommen noch 7,7 Gramm Extraktivstoffe und Salze, die im Harn ausgeschieden wurden. Verlust an festen Stoffen beträgt sonach 256,5 Gramm, es treffen also von dem Gesamt-körpergewichtsverlust von 1130 Gramm auf Wasserverlust: 873,5 Gramm.

Ueber die allgemeinen Folgen des Hungers vergleiche man bei »Nahrungsbedürfniss«. Man hat bei Menschen noch nach langem Hunger Bestimmungen des Eiweisses, der in 24 Stunden ausgeschieden wurde, gemacht. Ich sah seine Ausscheidung bei Kranken, die wenig oder gar keine Nahrung aufnahmen, auf 8—9 Gramm pro die sein. Es geht die Eiweisszersetzung bis zum Hungertode fort (LASSAIGNE, SCHERER, C. SCHNITZLER u. A.). SEEGEN's neue Bestimmungen stehen bei »Harnstoff«.

**Fettnahrung.**

Reichliche Fettmengen in der Nahrung, oder im Hunger Fettreichthum der Organe, setzen den Eiweissverbrauch im Allgemeinen herab. Gleichzeitig begünstigt das Fett den Ansatz des Eiweisses. Der Eiweissverbrauch des Organismus kann aber niemals durch Fett gänzlich vermieden werden. Der Eiweissverlust muss auch bei Fettkost, welche den Oxydationsbedürfnissen des Organismus sonst ganz genügen würde, wieder ersetzt werden, wenn langsam eine Eiweissverarmung des Körpers eintreten soll.

Bei vollkommenem Hunger verliert nach meinen Beobachtungen ein fettarmer Mensch in 24 Stunden kaum mehr als 50 Gramm Eiweiss. Dadurch

als Nahrung Fett gereicht wird, sinkt unter Umständen dieser Verlust noch etwas herab.

Die Ernährung nur mit Eiweiss ist der gewöhnlichen Annahme nach von der Ernährung mit Eiweiss und Fett principiell nicht verschieden. Mit dem Eiweiss führen wir nach der Meinung der Autoren implicite Fett ein, da sich, wie sie annehmen, Eiweiss im Organismus in einen oder mehrere stickstoffhaltige Substanzen und in Fett (und Zucker oder andere Kohlehydrate, z. B. Glycogen) spaltet. Nach den Angaben von PETTENKOFER und VOIT kann Eiweiss bei seinem Umsatz im Organismus 54 — 55% Fett liefern. Dieses aus Eiweiss abgetrennte und das in der Nahrung aufgenommene Fett verhalte sich dann für die Ernährung gleich, es könne sich unter Umständen aus Eiweiss abgespaltenes Fett im Körper ablagern: Die Mästung mit Eiweiss und Kohlehydraten beruht nach VOIT allein auf diesem Fettansatz mit dem Eiweiss, da die Kohlehydrate im animalen Organismus, wie er annimmt, nicht wie bei der Pflanze in Fett umgewandelt werden können.

PETTENKOFER und VOIT geben an:

Je mehr Fett in der Nahrung genossen wird, neben einer nicht zu grossen Eiweissmenge, desto mehr Fett wird verbraucht. Ein fetter Körper zersetzt unter sonst gleichen Umständen mehr von dem zugeführten Fett als ein magerer. Ein fettarmer Körper lagert leichter Fett in seinen Organen ab, als ein fettreicher (beim Menschen noch nicht bestätigt). Je mehr Fett sich aus der Eiweisszersetzung bildet, desto weniger Fett der Nahrung wird verbraucht. Die Masse des im Körper befindlichen Eiweisses ist von Einfluss auf die Fettzersetzung, da mehr Zellen (in grösserer Organismus) im Allgemeinen auch mehr zerstören. Auch das Verhältniss des intermedären Eiweisses zu dem circulirenden Eiweiss bestimmt den Fettansatz. Je grösser der intermedäre Säftestrom ist, desto mehr wird auch Fett zersetzt.

VOIT erklärt die Wirkung des Fettes, Eiweiss der Nahrung zu ersparen, jetzt nicht mehr so (früher BISCHOFF und VOIT) dadurch, dass die stickstofffreien Stoffe als »leichter oxydirbar« Sauerstoff für sich in Beschlag nehmen und dem Eiweiss entziehen; er behauptet nun, dass die genannten Substanzen im Körper selbst schwerer als das (circulirende) Eiweiss verdaulich sind. Er erklärt jetzt jenen Erfolg bedingt durch den Uebergang eines Theils des rasch zersetzenden »Vorrathseiweisses« in »Organeiweiss«. Während mit Eiweiss allein wegen der Zersetzung von »Vorrathseiweiss« der Verlust von Organeiweiss und Fett nur schwer aufgehoben werden kann, wird bei der Zumischung einer bestimmten Menge der stickstofffreien Substanzen (z. B. Fett) das aus der Nahrung ins Blut gelangte Eiweiss zum guten Theil zu Organeiweiss, und es genügt daher eine viel geringere Menge davon, etwa doppelt so viel wie bei der Mästung (für den Hund), das abgegebene Organeiweiss zu ersetzen. Nicht die absolute Menge der stickstoffloser Substanz bedingt den Uebergang ins Organ oder den »Vorrath«, sondern die Relation zum Eiweiss; auch bei der grössten gleichzeitigen Fettzufuhr kann das Eiweiss zum Vorrath sich mengen, sobald es in verhältnissmässig bedeutender Quantität gereicht wird. In dem fetten Körper bildet daher eine gewisse Gabe von Eiweiss fast nur Organeiweiss, während in einem fettarmen vor Allem der »Vorrath« vermehrt wird und zuletzt auch die grösste Menge Eiweiss nicht mehr zur Deckung des Organeiweissverlustes hinreicht. Der Arzt, welcher namentlich an Fett heruntergekommenen Reconvalescenten wieder in die Höhe zu bringen hat, muss der richtigen Beimischung von Fett und Kohlehydraten zum Eiweiss das höchste Augenmerk schenken; eine einseitige (alleinige) Vermehrung des »Eiweissvorrathes« könnte von der Krankheit Erstandenen dem Hungertode weihen, wie VORR sich drastisch ausdrückt. —

Die Erklärung der Fettwirkung aus der Verminderung der Lebensenergie des ungenügend und unzweckmässig ernährten Organismus ist oben angedeutet. Ein fettreicher, gemästeter Organismus hat sehr viel weniger Blut als ein fettärmerer, muskelreicher (J. RANKE). Mit der abnehmenden Blutmenge nimmt der intermedäre Kreislauf, die allgemeine Lebensthätigkeit ab. Eine einseitige Fettaufnahme in der Nahrung wirkt in gleichem Sinne. Wir sehen durch einseitige Fettnahrung den Säftestrom durch die Verdauungsdrüsen, namentlich die Leber



(die Gallebildung), sinken, ebenso den Säftestrom (Milchabgabe) in der Milchdrüse, die Lebensthätigkeit der Drüsen, des Blutes, der Muskeln (Herz) wird herabgesetzt. (Uebersicht Nuclein und Lecithin cf. Eiweissnahrung.)

### Ernährung mit Zucker, Stärke und Leim.

Fast alles, was von der Wirkung des Fettes in der Nahrung neben Eiweiss gesagt wurde, lässt sich auch auf den Zucker anwenden. Auch er kann Eiweiss ersparen in dem auseinander gesetzten Sinne. Der Zucker ist insoweit noch von weiterer Bedeutung, als er auch das Fett des Körpers zu ersparen vermag. Er ist daher, wenn ein Fettansatz gewünscht wird, ein zweckmässiger Zusatz zur Nahrung. Doch bedarf es dazu, dass der Zucker den Umsatz so weit herabdrücken soll, dass der Ersatz durch die Nahrung ausgeglichen und kein Fett vom Körper mehr verbraucht wird, grösserer Mengen als vom Fett. Zwei Theile Stärke oder Zucker leisten nach PETTENKOPF und VOIT im Körper des Fleischfressers das Gleiche wie ein Theil Fett (genau das Verhältniss wie 100 : 170), was mit LIEBIG's älteren Angaben ziemlich übereinstimmt. Indem Letzterer nach dem Sauerstoffverbrauch zur Verbrennung einer gleichen Substanzmenge die verschiedenen Stoffe klassificirt, kommt er zu folgenden Relationen: es entsprechen sich für die Wärmearbeit des Organismus 100 Fett, 240 Stärkemehl, 249 Rohrzucker, 263 Trauben- und Milchzucker, 770 frisches fettloses Muskelfleisch.

Diese Zahlen sind aber experimentell für die Ernährungslehre zu modificiren, da die Bedingungen des Zerfalls für die genannten Stoffe im Organismus ziemlich verschiedene zu sein scheinen von denen ausserhalb desselben.

Das Stärkemehl hat in der Nahrung ziemlich die gleiche Bedeutung wie der Zucker. Wir werden erfahren, dass es durch die Verdauungsorgane in Zucker verwandelt wird und also im Organismus nicht als Stärkemehl, sondern als Zucker zur Wirksamkeit kommt.

Auch Pflanzenschleim und arabisches Gummi werden von dem Organismus reichlich (54—79 %) resorbirt und verwerthet (VOIT).

Leim und alle leimgebenden Gewebe werden verdaut und für die Ernährung verwerthet; von letzteren am besten Bindehäute und Sehnen, dann Knorpel, am wenigsten Knochen (ETZINGER, VOIT u. A.).

VOIT lehrt über den Leim: er sei im Stande, «statt des circulirenden Eiweisses sich zu zersetzen und dadurch dieses zu ersparen und auch den Untergang von Organeiwiss zu beschränken. Er vermag jedoch kein Organeiwiss zu bilden und ist daher ohne Eiweiss zur Ernährung untauglich». Man hat in der Ansicht über die Verwendbarkeit des Leimes zur Ernährung vielfach geschwankt. Grössere Mengen von Leim stören die Verdauung und ohne Eiweisszusatz zur Nahrung gehen die damit gefütterten Thiere an «Eiweiss hunger» zu Grunde. In mässigen Quantitäten genossen ist er besonders seiner Billigkeit wegen ein nicht unterschätzendes Nahrungsmittel. Eine Zumischung von Leim aber zum käuflichen Fleischextrakt lässt diesen leichter faulen, und indem der sehr billig zu liefernde Leim das Gewicht der theuren Nährsalze nur scheinbar vermehrt, verringert er entsprechend den wahren Werth des Extrakts (über Bouillontafeln cf. oben). In dem Blut bei Leimfütterung gestorbener Thiere findet sich Leim (HOFMANN), CL. BERNARD sah bei Leiminjection in das Blut Leim im Harn auftreten.

Alle anderen oxydirbaren, in der Nahrung und in der circulirenden Säftemasse vor-



lebenden organischen Stoffe haben einen analogen Werth wie die letztgenannten. Sie dienen mit zur Ersparung anderer Materien im Stoffwechsel, doch ist ihre Wirkung, ihres verhältnissmässig grossen Sauerstoffgehaltes wegen, geringer.

Hierher sind die Extraktivstoffe des Fleisches zu rechnen, welche theilweise im Organismus noch weiter oxydirt werden. Das elastische Gewebe des Fleisches kann für den Menschen seiner Unlöslichkeit in den Verdauungssäften wegen wohl nicht zur Ernährung dienen, Hunde scheinen es theilweise zu verdauen (Vorr).

Den Extraktivstoffen des Fleisches analog verwerthet der Organismus für seine Ernährungszwecke zum Theil die nicht giftigen stickstoffhaltigen Pflanzenbasen und die organischen, sauerstoffreichen Säuren in Verbindung mit Alkalien.

Dass Pflanzenfaser (Cellulose) von den Wiederkäuern in ziemlicher Menge verwertet werde, wurde oben S. 188 angeführt.

Zur Aufnahme der stickstofffreien Substanzen in den Organismus und ihrer Ausnutzung, überhaupt zur Ausnutzung der Nahrung ist eine gewisse Menge einer an Eiweiss reichen Substanz in der Nahrung erforderlich. Die treffenden Beobachtungen wurden bei der Fütterung der Hausthiere zu landwirthschaftlichen Zwecken (Mästung) gemacht. Wenn HAUBNER Hammeln 44 Tage nur Kartoffeln gab, so kamen sie ausserordentlich herunter, weil ein ansehnlicher Theil der Kartoffeln unverdaut wieder abging; sobald er aber etwas eiweissreiches Futter, z. B. Erbsen zusetzte, kam auch das Stärkegehalt der Kartoffeln grossentheils zur Ausnutzung. Auch BOUSSINGAULT beobachtete, dass seine Schweine bei Fütterung mit Kartoffeln, in denen die beiden Klassen der Nährstoffe sich verhalten wie 4 : 8,7, an Gewicht abnahmen, bei einem Zusatz von Roggen, Erbsen, Molken etc., wodurch das Verhältniss der Albuminate zu den stickstofffreien Futterstoffen wie 4 : 5,5 wurde, sich mästeten. J. LEHMANN machte die gleiche Beobachtung wie BOUSSINGAULT; er fand weiter, dass seine Schweine bei einem Verhältniss wie 4 : 3 an Gewicht wieder abnahmen (cf. Verdaulichkeit).

Als Beispiel der Ernährung eines Menschen mit stickstofffreier Kost gebe hier ein an mir selbst angestellter Versuch von 24stündiger Dauer:

Einnahmen:	N	C	Ausgaben:	N	C
100 Gramm Fett . . . . .	0	104,94	17,4 Gramm Harnstoff . . .	7,98	3,42
100 - Stärke . . . . .	0	144,50	0,54 - Harnsäure . . .	0,48	0,49
100 - Zucker . . . . .	0	38,27	95 - Koth . . . . .	—	48,79
Summe	0	254,68	In der Respiration . . . . .	0	200,5
			Summe	8,46	222,9

Es wurde Wasser getrunken . . . 1324 cc

Harn entleert . . . . . 578 cc

Das Anfangskörpergewicht (rein) 72425 Gramm

- Endkörpergewicht - 72722 -

Es hatte also eine Zunahme um 297 Gramm stattgefunden. Diese Zunahme besteht theils in Fettansatz, theils in Wasseransatz, der Körper wird auch nach den Beobachtungen Anderer bei stickstofffreier Kost wasserreicher. Der ausgeschiedene Kohlenstoff stammt theils von dem zersetzten Körpereiwiss, theils aus der Nahrung. Das zersetzte Albumin betrug trocken (für 8,46 N) 54,55 Gramm. Rechnen wir seinen Kohlenstoff (28,27 Gramm) zur Ausscheidung des Gesamtkohlenstoffs, so bleiben 64 Gramm Kohlenstoff im Körper zurück entsprechend 84,5 Gramm Fett. Der Körper hat sonach 54,5 Gramm Eiweiss verbraucht, dazu 84,5 Gramm Fett angesetzt, 30 Gramm mehr als er an festem Stoff verbrauchte; da er aber nur um 297 Gramm an Gewicht zunahm, so beträgt, abgesehen von den Salzen, die nur eine sehr kleine Correction bedingen, für Wasseransatz noch 267 Gramm. Der Versuch spricht recht deutlich, wie die blosse Zunahme an Gewicht noch nicht sicher ein Zeichen für die Zunahme der wesentlichen Organbestandtheile ist. Bei Fleischnahrung sehen wir z. B. dass das Gewicht sehr bedeutend bis über 1 Kilogramm in 24 Stunden abnehmen, obwohl doch täglich (über 500 Gramm) »Fleisch« im Körper zurückgehalten worden war.

R. Böhm und F. A. Hoffmann gaben wichtige Beiträge zur Kenntnis des Kohlenhydratstoffwechsels des Gesamttieres und seiner Organe. Ihre Untersuchungen beziehen sich lediglich auf Katzen. I. Der Kohlenhydratbestand des Körpers der normalen Katze. Bei ausschliesslich mit Fleisch gefütterten Katzen enthalten Glycogen und Zucker: Blut, Leber und Muskeln in grösseren Quantitäten, woneben der Glycogengehalt der übrigen Organe (Nieren) verschwindet. Der Zuckergehalt des Blutes der Katze beträgt im Mittel 0,45%, erst bei längerem Hunger sinkend und endlich verschwindend. Der Zuckergehalt der Leber beträgt für 1 Kilo Körpergewicht constant 0,5—0,6 Grm., während der Glycogengehalt der Leber von 4,4—40,9% des Lebergewichts schwankt. Der Gesamtbestand an Kohlenhydraten fleischgefütterter Katzen beträgt 1,5—2,5 Grm. pro 1 Kilo Körpergewicht. Füttert man Katzen nach mehrtägigem Hunger mit Fleisch, so enthalten die Lebern reichlich Glycogen, sowie die Thiere beginnen, Fett anzusetzen, verschwindet das Glycogen. Der Glycogengehalt der Muskeln beträgt im Ganzen bei normalen Thieren (etwas weniger als) die Hälfte der Gesamtglycogenmenge des Thieres. II. Fesselungsdiabetes der Katze. Nach Fesselung folgt constant reichliche Zuckerausscheidung im Harn, bei tracheotomirten Thieren mehrere Stunden (3—13) andauernd, auch nach längerem (3—8tägigem) Hunger. III. Der Verbrauch der Kohlenhydrate bei Wärmeentziehung. Gefesselte tracheotomirte Katzen, welche sich (bis 25° C.) abkühlen, zeigen nach ihrem Verenden keine Spur von Kohlenhydraten in den Organen mehr, ähnlich wie nach Cl. BERNARD andere mit Temperaturabnahme verknüpfte Todesarten, auch Eintauchen in Eiswasser. IV. Nach Rückenmarksdurchschneidungen (innerhalb der 5. Cervicalwurzel) gefesselten tracheotomirten Thiere tritt auch Zucker im Harn auf (Fesselungsdiabetes), bei die Thiere auch stark abkühlen (auf 20—19° C.), hierbei bleibt eine beträchtliche Glycogenmenge im Körper zurück, merkwürdigerweise ist aber der Glycogengehalt der Leber während der der Muskeln sich gegen die Norm vermehrt zeigt, von normal 0,45% auf 0,6%, wohl in Zusammenhang mit den fehlenden Muskelbewegungen.

### Einfluss anorganischer Stoffe und der Extraktivstoffe auf die Ernährung.

Die Arbeit der Verdauungsorgane an sich steigert die Stoffumsatzung mit dem Sauerstoffverbrauch des Organismus. Alle Stoffe, welche, schon ohne Nährmaterial dem Organismus zuzuführen und auch wenn sie unverändert den Organismus passiren, vermehren die Peristaltik der Gedärme und steigern dadurch den Stoffverbrauch und die Sauerstoffaufnahme; v. MEHRING und N. ZUNTZ haben darüber beweisende Versuche an hungernden Kaninchen zur Darreichung von schwefelsaurem Natron etc. angestellt. Ein anderer Factor, welcher durch Erhöhung der Arbeitsleistung des Organismus den Stoffwechsel steigert, ist die Diffusion zwischen Geweben und Ernährungsflüssigkeiten, welche z. B. durch Aufnahme von Salzen erhöht werden kann.

Das Kochsalz vermehrt den Eiweissumsatz im Organismus (Vorr) zwar darum, weil es zunächst die Thätigkeit der Verdauungsorgane und durch den intermediären Stoffkreislauf, die Geschwindigkeit des Diffusionsstroms von Zelle zu Zelle steigert (cf. oben). Es wirkt (nach Vorr) das Kochsalz im Organismus wie ausserhalb desselben bei künstlich angestellten Diffusionsversuchen. Eine durch eine Membran verschlossene Röhre, in die man eine Kochsalzlösung eingebracht hat, saugt, wenn man sie ins Wasser herabsenkt, mit grosser Kraft Wasser an; das Salz in der Röhre wirkt wie eine Pumpe. Die gleiche Wirksamkeit entfaltet es im Organismus; es verdankt seine nützlichen Wirkungen für den Körper vor Allem seiner Eigenschaft, die Osmose

ung der Flüssigkeit von Zelle zu Zelle, von Organ zu Organ einzuleiten (dagegen unsere Darstellung der Hydrodiffusion). Es ist von selbst einleuchtend, dass dasselbe für alle krystallisirbaren anorganischen, die Diffusion anregenden Körper- oder Nahrungsbestandtheile gilt; sie werden die gleiche Wirkung wie das Kochsalz entfalten.

Aus meinen Diffusionsbeobachtungen am Muskelgewebe geht hervor, dass auch die leicht diffundirbaren Zersetzungsprodukte des Eiweisses (Harnstoff, Creatin, Kreatinin etc. etc.) oder der Kohlehydrate (Milchsäure und die anderen im Muskelsaft aufgefundenen organischen Säuren etc.) die gleiche Rolle spielen. Auch sie steigern, wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, den Diffusionsstrom in den Organen. Dasselbe leistet indirect mechanische Arbeitsleistung der Muskeln und Nerven. Durch energische Muskelarbeit wird der Stoffumsatz, namentlich der Umsatz stickstofffreier Stoffe, sehr bedeutend gesteigert. Auch diese Steigerung geht direct mit einer Steigerung des Diffusions-Säftestroms einher. Ein Muskel, der durch angestrengte Arbeitsleistung sich mit Zersetzungsprodukten seiner Substanz beladen hat, pumpt aus ihm bei seiner Thätigkeit reichlicher umgebenden Flüssigkeiten Wasser in sich ein und wäscht dadurch jene ihn ermüdenden Stoffe aus sich heraus. Wie im Muskel findet auch in den übrigen Organen der gleiche Vorgang unter den gleichen Bedingungen statt.

G. BUNGE gibt nach LIVINGSTONE an, dass fleisch- und fischessende Völkerpopulationen kein Salzbedürfniss haben sollen (?), während solche, die auf rein vegetabilische Nahrung angewiesen sind, unter Salzhunger leiden.

Die Wirkung der »ungeformten Fermente« ist nach O. NASSER verschiedene, je nach dem Salzgehalt der Lösung. Verschiedene Salze wirken hierin sehr verschieden. Physiologisch wichtig ist das Ergebniss, dass die zuckerbildende Wirkung des Speichels auf Stärkemehl bei einem mässigen Gehalt der betreffenden Flüssigkeiten an Kochsalz etwa bis zu 4% stärker ausfällt, während sie bei weiter gesteigertem Salzgehalt sinkt.

Auch durch Wasserzufuhr wird die Stoffzersetzung im Organismus vermehrt, aus dem gleichen Grunde, den wir bei der durch Kochsalz gesetzten Steigerung des Umsatzes schon erkannten, nämlich dann, wenn durch das Wasser der Diffusionsstrom auf eine höhere Stärke gehoben wird. Die gegenwärtige Wirkung findet sich ein, wenn Wasser in den Organen gleichsam stagnirt, so dass sie an Wasser reicher sind, ohne dass sie gleichzeitig eine genügende Salzmenge zur Bewegung desselben in sich enthalten. So findet sich nach ermüdender Muskelbewegung der Muskel wasserreicher. Es hindert dann das Wasser die Stoffzersetzung und ist in diesem Falle eine Hemmungsvorrichtung der Stoffzersetzung (J. RANKE). Durch Wassertrinken kann die Harnausscheidung, die wir als ein Maass des Eiweissverbrauches im thierischen und menschlichen Körper ansehen, nicht unbedeutend vermehrt werden.

Die Anregung der Diffusion im thierischen Organismus ist nur eine der wichtigsten Seiten der Wirkung der anorganischen Bestandtheile der Nahrung. Wir haben schon die Wichtigkeit der Kalisalze und Phosphorsäure für die Organzusammensetzung kennen gelernt. Für die Pflanzen ist es (zunächst nach LUNGE) erwiesen, dass die Stoffbildung, und zwar besonders von Eiweissstoffen, nicht ohne die Kalisalze vor sich gehen könne, dass überhaupt das

Wachsthum und die Zunahme der Pflanze an Masse wesentlich an die Anwesenheit der Kalisalze in der Pflanzennahrung geknüpft ist. Die Beobachtungen über die wichtigen physiologischen Wirkungen der Kalisalze, vor Allem der phosphorsäuren, haben darauf hingedeutet, dass diese Stoffe, die von den organischen Geweben s. v. v. mit Begierde aufgenommen werden, auch für die thierische Ernährung von der grössten Wichtigkeit sein möchten. Durch die Untersuchungen KEMMERICH's ist es erwiesen, dass die Kalisalze des Fleisches, in der Nahrung genossen, z. B. in der Fleischbrühe, einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Organbildung, zunächst Fleischbildung haben. Unter der Wirkung von Kalisalzen hat dieselbe Ernährung einen höheren Erfolg als ohne dieselben. Bei dem oben S. 133 dargelegten Imbibitionsgesetz der Organe wurde auf eine mögliche Erklärung dieser merkwürdigen Beobachtung hingewiesen. Aehnlich wie Kalisalze scheinen auch organische Extraktivstoffe des Fleisches zu wirken; wenigstens wirkte in KEMMERICH's Versuchen das »Fleischextrakt« bedeutender, als seinem Gehalt an Kalisalzen allein entsprochen haben würde. Dadurch bekommen wir einen neuen Einblick in die Gesetze, welche den Ernährungswert der einzelnen Nahrungsstoffe regeln. Die letztgenannten Stoffe, welche den Fleischansatz begünstigen, wirken ganz analog wie das Fett, die Kohlenhydrate und der Leim, sie begünstigen den Fleischansatz, trotzdem sie für sich betrachtet den Gesamtstoffumsatz erhöhen. Diese Erfahrung ist ganz analog der oben angeführten der Thierzüchter, nach welcher Eiweiss, das für sich allein den Stoffwechsel steigert, den »Ansatz« ermöglicht. Der Kaligehalt des Bieres, der Molke, Milch erlangt durch diese Betrachtungen eine sehr beachtenswerthe Bedeutung.

G. BUNGE studirte die Menge (der Chlorverbindungen) der Alkalien im thierischen Organismus und in seinen Nahrungsmitteln. Der Natrongehalt ganzer Säugethiere schwankt, auf 1 Kilogramm Körpergewicht berechnet, zwischen 1,63—2,666 Grm. Der Kaligehalt ist etwas höher 2,605—3,280 Grm. Die Milch zeigt einen ganz analogen Gehalt an beiden Alkalien, dagegen zeigen sich die vegetabilischen Nahrungsmittel relativ ärmer an Natron, woraus sich das lebhafteste Bedürfniss nach Kochsalz (Livingstone) bei ausschliesslicher Pflanzenkost erklärt. Am reichsten ist relativ die Kartoffel an Kalisalzen.

J. FORSTER konnte mit möglichst salzarmer Nahrung Tauben bis zu 29, Mäuse bis zu 30, Hunde bis zu 36 Tagen am Leben erhalten. Die Organe und das Blut halten auch bei Mangel in der Nahrung sehr hartnäckig einen gewissen Gehalt an Mineralien zurück. Bei Chlorhunger tritt beim Hund endlich ein Zustand ein, in welchem keine Salzsäure im Magen mehr ausgeschieden und die Nahrung unverändert ausgebrochen wird. Endlich sterben die Thiere ohne Abnahme an Fleisch und Fett unter Anzeichen von Störungen im Nervensystem, Lähmungen. Auch aus SCHENK's Versuchen geht hervor, dass der Organismus Chlor hartnäckig festhält. J. FORSTER constatirte (gegen WEISKE), dass bei kalkarmer Nahrung der Organismus, namentlich aber die Knochen an Kalkerde verarmen.

**Säftestrom im Fieber.** — Eine Vermehrung des Stoffumsatzes und damit des Säftestroms tritt auch im Fieber ein, so lange dazu eine genügende Wassermenge im Körper vorhanden ist (v. GIETL). Die Fiebererscheinungen werden durch die Steigerung der Zersetzungen erhöht. Fehlt dem Organismus eine genügende Wassermenge zur Bildung eines grösseren Säftestroms, z. B. nach Blutverlusten, wässerigen Darmentleerungen in der Cholera, starkem wässrigen Erbrechen etc., so sehen wir die Erscheinungen des Fiebers herabgesetzt oder bei sehr vermindertem Säftestrom sogar gänzlich verschwinden, mit einem Ansteigen des Wassergehaltes des Organismus kehrt das Fieber zurück (v. GIETL).

SEEGEN sah bei einer Vermehrung der Wasserzufuhr von 500—1200<sup>cc</sup> bei einem

Ich mit Fleisch gefütterten Hund nur einen ziemlich geringen Einfluss auf die Stickstoffausscheidung im Harn. KLEIN und VERNON konnten die Angabe VOIR's, dass Kochsalzgenuss den Eiweissumsatz steigere, nicht bestätigen.

A. FRÄNKEL führte den Nachweis, dass verminderte Sauerstoffzufuhr zu den Geweben den Eiweisszerfall im Organismus steigert. Er denkt dabei an ein scheinbares »Absterben« der weniger Sauerstoff erhaltenden Gewebe. Wird die Athmung mechanisch behindert, so steigt die Harnstoffausscheidung manchmal um mehr als das Doppelte an, ähnlich nach Kohlenoxydgasvergiftung und Aderlassen, welche die Blutkörperchenzahl oder ihre physiologische Wirksamkeit vermindern, die Athmung herabsetzen. Auch bei Diabetes ist die Sauerstoffaufnahme vermindert (cf. unten), was vielleicht mit dem gesteigerten Gewebszerfall in ursächlicher Verbindung stehen mag. Auch erhöhte Temperatur wirkt in diesem Sinne.

## Ernährungsversuche: II. Gruppe.

Die II. Gruppe der Ernährungsversuche umfasst jene, bei welchen bei möglichst gleichbleibenden Ernährungsverhältnissen ein experimenteller Wechsel der sonstigen Lebensbedingungen angestrebt wurde. Unter diese Gruppe fallen jene Versuche, bei welchen der Einfluss äusserer Agentien: z. B. Wechsel der Temperaturen, der Beleuchtung auf die Grösse des Stoffumsatzes geprüft wurden. Daran schliessen sich an die Experimente über Stoffwechsel bei Muskelruhe und Muskelarbeit, sowie bei verschiedener Organzusammensetzung des Körpers, z. B. in den verschiedenen Lebensaltern und Geschlechtern etc.

Das allgemeine Resultat dieser Versuche lässt sich darin zusammenfassen, dass alle jene Zustände, welche mit einer Steigerung der Gesamt-Arbeitsleistung des Organismus verbunden sind, mit einer Erhöhung des Stoffverbrauches, z. B. Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe einhergehen, das Nahrungsbedürfniss sonach erhöhen. Sehr klar tritt dieses Verhältniss bei den Beobachtungen über die Temperatureinflüsse hervor, welche von PFLÜGER u. A. eingehender untersucht wurden. (Näheres im XIV. Cap. Athmung.)

### Einfluss der Temperatur des Organismus auf seinen Stoffumsatz.

Die grundlegenden Versuche über Stoffwechsel bei verschiedener Körpertemperatur wurden von PFLÜGER mit HUGO SCHULZ an kaltblütigen Thieren (Fröschen) ausgeführt, deren Körpertemperatur mittelst eines durch den Mund in den Magen eingeführten Thermometers gemessen wurde. Es zeigte sich eine vollkommene Abhängigkeit der Kohlensäure-Ausscheidung von der Temperatur des Körpers: bei 4° C. Körpertemperatur fast = 0, ist sie bei 35° der des Menschen gleich. Sie fanden, meist an den gleichen Thieren experimentirend, folgende auf 1 Kilo und 1 Stunde berechnete Werthe für die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung:

zwischen	4,0—15,8°	. . .	0,0084 bis 0,0964 Grm.
-	17,0—25,5°	. . .	0,0822 - 0,4706 -
-	33,0—34,2°	. . .	0,5495 - 0,6096 -

Mit der Zunahme der Körpertemperatur sehen wir also eine Zunahme des Stoffwechsels eintreten. Mit COLASANTI setzte PFLÜGER



diese wichtigen Untersuchungen an Warmblütern, Meerschweinchen fort. Um zunächst die Frage zu entscheiden, ob die Constanterhaltung der Körpertemperatur bei Warmblütern bei niedriger Aussentemperatur nur auf Regulierung der Wärmeabgabe oder gleichzeitig auf Steigerung der Wärmeproduktion beruhe, variierte er die Umgebungstemperaturen nur soweit, dass die im Rectum des Versuchstieres gemessene Körpertemperatur unverändert blieb. Die Hauptresultate der Untersuchung sind folgende: 1) Meerschweinchen verbrauchen unter normalen Verhältnissen für 1 Kilo Thier und 1 Stunde bei  $18,0^{\circ}\text{C}$ . Lufttemperatur  $1110,5^{\circ}\text{C}$  O und geben ab  $964,9^{\circ}\text{C}$   $\text{CO}_2$ . 2) Bei Abnahme der Lufttemperatur verbraucht 1 Kilo Meerschweinchen für je  $-1^{\circ}\text{C}$  mehr O  $37,7^{\circ}\text{C}$ , producirt mehr  $\text{CO}_2$   $34,2^{\circ}\text{C}$ . 3) Diese Steigerung des Stoffwechsels verläuft äusserlich ohne wahrnehmbare Erscheinung. 4) Die durch Kälte hervorgerufene Steigerung des Stoffwechsels kann so bedeuten werden, dass im Verlauf einer Stunde die Körpertemperatur beträchtlich zunimmt. Der Stoffumsatz ist dabei nur erhöht, nicht (wesentlich) qualitativ verändert. Dieses Ansteigen des Stoffumsatzes bei Kälte ist bei kleinen Thieren wegen ihrer grösseren Oberfläche bedeutender, als bei grösseren. COLASANTI hatte seine Versuche im Sommer angestellt. Mit FINKLER bearbeitete PFLÜGER den gleichen Gegenstand im Winter. Auch in diesen Versuchen wurde konstatiert, dass die Eigentemperatur der Thiere sich bei kalter Aussentemperatur nicht wesentlich verändere, sie erhöht sich gelegentlich um Bruchtheile eines Grades, dagegen steigt die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe resp. der Stoffwechsel bei Kälte event. bis auf das Doppelte an. FINKLER fand dabei unabhängig von der Aussentemperatur die Körpertemperatur seiner Meerschweinchen im Winter um  $0,9^{\circ}\text{C}$ . höher als COLASANTI im Sommer, dem entsprechend auch den Stoffwechsel im Allgemeinen um etwa 23 % gesteigert. Ein derartigen Einfluss des Winters, unabhängig von der gerade das Thier umgebenden Temperatur, hatte schon SENATOR aber nur an regelmässig genährten nicht an hungernden Thieren beobachtet. Die Frage, ob der Organismus im Winter, den eben angegebenen Verhältnissen entsprechend, im Ganzen mehr Stoff verbraucht als im Sommer, wurde im bejahenden Sinne von Dr. med. CARL THEODOR, Herzog in Bayern, entschieden. Er fand, dass die Nahrungsmenge, welche im Winter genau hinreichte, um die Stoffwechselanforderungen einer Katze zu decken, im Sommer sehr reichlichen Ansatz (Mästung) bewirkten. Die Katze erhielt vom 31. Dec. 1874 bis 14. Juni 1875 täglich 120 Grm. fettloses Fleisch und 15 Grm. Schmalz. Respirationsversuche ergaben, dass die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe mit sinkender Aussentemperatur sich steigern und zwar innerhalb der normalen Temperaturen des Winters und Sommers ( $-5,5^{\circ}\text{C}$ . bis  $+30,8^{\circ}\text{C}$ .). VOIT machte Versuche am Menschen.

Die Einwirkung des Lichts auf den Stoffwechsel des Menschen ist noch nicht untersucht. Unter normalen Bedingungen ist der Stoffumsatz während der Tagesstunden beträchtlich lebhafter als während der Nachtstunden. Die Ursache liegt hier aber im Unterschied zwischen Schlaf und Wachen, im Allgemeinen zwischen Körperthätigkeit und Körperruhe. Wird während der Nacht gewacht und gearbeitet, so kehrt sich das Verhältniss um. An Fischen wurden in älterer Zeit (MOLESCHOTT u. A.) Versuche angestellt, welche für eine steigernde Einwirkung des Lichtes auf den Stoffumsatz zu sprechen



schienen, den gleichen Schluss zieht FUBINI aus seinen vergleichenden Versuchen an geblendeten und normalen Fröschen. Aber nirgends sehen wir experimentell die Einwirkung der gesteigerten Körperbewegung im Lichte von der möglichen, ja wahrscheinlichen Wirkung der letzteren getrennt, sodass die Versuche strenge Beweiskraft entbehren. PFLÜGER's Versuche bei Athmung.

**Die Einwirkung der Muskularbeit auf den Stoffwechsel des Menschen und der Thiere** wird unten an verschiedenen Stellen im Einzelnen ausführlich besprochen werden. Die Hauptresultate der Untersuchung sind: Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, der Kohlensäure- und Wasserausscheidung; in der Mehrzahl der Untersuchungen zeigte sich auch die Stickstoffausscheidung (im Harn), immer aber in relativ geringem Maasse gesteigert, diese Steigerung kann unter Umständen sogar vollkommen fehlen (VOIT). Der durch die Muskularbeit gesteigerte Stoffverbrauch des Organismus bezieht sich sonach vorwiegend auf die »stickstofffreien« Körperbestandtheile (cf. bei Athmung).

**Die Einwirkung des verschiedenen Verhältnisses der Organe zu einander und zum Gesamtkörper auf den Stoffwechsel.** Wir haben oben S. 177 darauf hingedeutet, wie ausserordentlich gross in dieser Beziehung die Differenzen sind, wenn wir die verschiedenen Alter, die verschiedenen Geschlechter etc. derselben Species, spec. des Menschen mit einander vergleichen. Der Drüsenapparat, d. h. alle grossen Drüsen zusammengenommen, ist im kindlichen und weiblichen Organismus quantitativ bedeutender entwickelt, als im männlichen Körper, verglichen mit dem Bewegungsapparat (samt der äusseren Haut). Nach unseren Bestimmungen betheiligt sich das gleiche Gewicht Drüsenapparat circa 5,4mal stärker an dem Stoffverbrauch als der Bewegungsapparat. Mit der relativen Zunahme des ersteren muss daher, alles Andere gleichgesetzt, entsprechend der Gesamtstoffumsatz des Organismus wachsen.<sup>1)</sup> 1 Gramm »Bewegungsapparat« des erwachsenen Mannes verbraucht in 24 Stunden 0,00245 Gramm Kohlenstoff, 1 Gramm »Drüsenapparat« 5,4mal mehr, Das Blut an sich betheiligt sich nur in einem verschwindenden Antheil an dem Gesamtstoffverbrauch (PFLÜGER u. A.). Danach ist man im speciellen Falle in der Lage, zwei der Hauptfactoren zu berechnen, aus welchen sich die Gesamtsumme des Stoffverbrauchs bei dem Menschen (und den Thieren) zusammensetzt. Der relative Mehrverbrauch von Stoff, welchen wir im kindlichen Alter beobachten, bezieht sich aber ausserdem noch auf eine Anzahl anderer Momente: gesteigertes Wachstum, gesteigerte Circulation, gesteigerte Abgabe von Wärme (und Wasser) etc. etc. (Nahrungsmengen bei verschiedenem Lebensalter S. 246) (cf. bei Athmung).

### Nahrungsmenge.

Es liegt sehr nahe, als unteres Maass für die Mengenverhältnisse, in welchen die Nahrungsmittel gereicht werden müssen, um den täglichen Körperverlust vollkommen zu ersetzen, den Stoffverbrauch im Hungerzustande anzunehmen. Man ist versucht zu glauben, dass eine Nahrungszufuhr, welche den Hungerverlust deckt, auch eben zur Ernährung hinreichend sein müsse. Meine Untersuchungen ergeben für den Verbrauch im Hunger bei dem Menschen im

<sup>1)</sup> Das Nähere cf. J. RANKE, Die Ernährung des Menschen. München 1876. Cap. VI.

Durchschnitt etwa 50—60 Gramm Albumin und 200 Gramm Fett im Tag. Reicht man diese Nahrung, so bemerkt man sogleich, dass sie zum Ersatz genügt. Der Grund dafür liegt in der schon mehrfach besprochenen Steigerung, welche der Umsatz durch eine Steigerung der Thätigkeit der Verdauungsorgane erfährt.

Ein besseres Maass gewinnt man aus der Bestimmung der Ausscheidungsprodukte, welche der Körper während 24 Stunden abgibt, bei einer ungestörten, gewöhnlichen Ernährungsweise. Aus den bestimmten Zersetzungsstoffen können die unbestimmten Einnahmen berechnet werden.

Bei einem derartigen Versuche fand ich als Normalzahlen für die Ausscheidungsprodukte in 24 Stunden für einen ruhenden Menschen, d. h. geringer Muskelleistung:

für Haut und Lungen

$$\begin{aligned} & 791,4 \text{ Gramm CO}_2 \\ & = 215,7 \quad - \quad \text{C} \end{aligned}$$

für den Harn:

$$\left. \begin{aligned} & 40,00 \text{ Gramm Harnstoff} \\ & 0,53 \quad - \quad \text{Harnsäure} \end{aligned} \right\} = 18,85 \text{ N und } 8,30 \text{ C}$$

Die Gesamtmenge des durch Lungen und Nieren ausgeschiedenen Kohlenstoffs betrug 223,9 Grm. Das Verhältniss des N zum C in den Ausscheidungen beträgt:

$$1 : 12.$$

Rechnen wir wie bei Hunger den ausgeschiedenen Kohlenstoff auf nach der Formel, welche CHEVRELL für Menschenfett aufstellte — 79%, C 100 Theilen —, so ergeben sich 200 Gramm Fett neben 122 Gramm Eiweiss. Die Eiweissmenge in der gewöhnlichen Nahrung, die nur durch den gesunden Appetit geregelt wird, beträgt hier demnach gerade das Doppelte des Eiweissverlustes des hungernden Organismus, während der Fettverbrauch in beiden Fällen ganz gleich scheint, doch dürfen wir nicht vergessen, dass ein Theil des CO<sub>2</sub> auch von anderen kohlenstoffhaltigen Materien der Nahrung geliefert wird als Fett. Es ist bemerkenswerth, dass das Stickstoff-Kohlenstoffverhältniss in den Ausscheidungen auch bei grossen scheinbaren Aenderungen in der Nahrungsaufnahme, wenn diese dem Appetit zu bestimmen überlassen blieb, mir öfter 1 : 12 gefunden wurde.

Es ist klar, dass die Nahrung unter allen Umständen etwas mehr Stickstoff enthalten muss, als die Exkrete rechnen lassen würden, da ja ein Theil der ersteren den Körper unverdaut wieder verlässt. Da die Verdauungsstärke bei verschiedenen Individuen sehr verschieden sich verhält, so lässt es sich nicht weiter auf einige analog wirkende Momente begreifen, wie z. B. gleiche Nahrungsaufnahme, z. B. bei den Genossen eines Kosttisches, so verschiedene Erfolge hervorbringen kann.

Es ist möglich, die Nahrung des Menschen nicht nur chemisch nach den Elementarstoffen zu bestimmen, sondern sie auch für längere Zeit hindurch gleichmässig zu halten, so dass man am Menschen ebenso wie an Thieren aller wünschenswerthen Exaktheit Ernährungsversuche anstellen kann J. R.

Bei einem Mittelgewichte von 74 Kilogramm war meine Ernährung durch Nahrungsmittel, welche 15,22 Gramm N und 228,7 Gramm C enthielten, eine vollständige, so dass ich eine Woche hindurch bei geringer Muskelleistung

neine Körperausgaben damit vollkommen bestritt. Die Zusammenstellung  
uellen Nahrungsstoffe hatte ich möglichst dem gewöhnlichen Essen der  
en Stände nachgeahmt und kann für ähnliche Versuche als Normal-  
ng gelten.

Nahrung bestand in Folgendem :

250	Gramm Fleisch . .	= 8,5	Gramm N und	81,8	Gramm C
400	- Brod . .	= 5,4	- - -	97,44	- -
70	- Stärke . .	= 0	- - -	26,05	- -
70	- Eiereiweiss	= 4,52	- - -	5,99	- -
70	- Schmalz . }	= 0,1	- - -	67,94	- -
30	- Butter . }				
10	- Salz				
2100cc	Wasser				
<hr/>					
Zusammen 45,22 Gramm N und 229,22 Gramm C.					

s Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss beträgt hier :  
1 : 15.

s Fleisch wurde möglichst vollkommen von dem anhaftenden Fett befreit,  
n und dann mit einem Theile des Schmalzes gebraten: aus dem Reste  
zteren mit der Stärke, dem Eiereiweiss und Salz wurde eine Mehlspeise  
t. Die Butter wurde zum Brode genossen. Wie vollkommen diese Nahrung  
obwaltenden Bedingungen zur Deckung der Körperausgaben hinreichte,  
ich aus einer kleinen Tabelle erkennen, in welcher den chemisch be-  
en Einnahmen in 24 Stunden die ebenfalls chemisch bestimmten Aus-  
während derselben Zeit gegenübergestellt sind :

Einnahmen:		
	N	C
In der Nahrung . . . . .	45,22	229,22
Ausgaben:		
Im Harne . . . . .	14,84	6,62
Im Kothe . . . . .	1,12	10,6
In der Respiration . . . . .	0	207,0
<hr/>		
Zusammen: 45,96 224,22.		

e Fehler = Differenzen in den Bestimmungen sind nicht grösser, als sie  
er chemischen Elementaranalyse der Nahrungsstoffe, wenigstens bei so  
1 Mengen, wie sie hier vorliegen, sich auch würden ergeben haben. Bei  
adiger Ernährung gleicht der Vorgang wirklich einer Elementaranalyse,  
den ebenso viel Stoffe im Körper verbrannt, als in der Nahrung aufge-  
n wurden. Setzen wir in die Tabelle der aufgenommenen Nahrungs-  
infachere Ausdrücke ein, so erhalten wir als ausreichende Nahrung  
en erwachsenen Mann von 74 Kilogramm, bei geringer Körperarbeit:

an Albumin (15,5 N) . .	= 400	Gramm
- Fett . . . . .	= 400	-
- Stärkemehl (Zucker)	= 240	-
- Salz . . . . .	= 25	-
- Wasser . . . . .	= 2535	-
<hr/>		
Zusammen: = 3000 Gramm = 3 kg		
wovon 0,5 kg feste Nahrungsstoffe.		

F. W. BENEKE berechnet aus 15 an sich selbst angestellten Versuchen den ausreichenden Stoffverbrauch für im Mittel 62,5 Kilogramm Körpergewicht mässiger körperlicher und angestrenzter geistiger Thätigkeit zu 93,5 Gramm Eiweiss, 109 Gramm Fett, 284 Gramm Kohlehydraten.

Es ist nach dem bisher Gesagten ohne weitere Erklärung selbstverständlich, dass man bei der Nahrung im Einzelnen den jeweiligen Bedürfnissen des zu ernährenden Individuums Rechnung zu tragen hat; die Nahrungszufuhr muss den individuellen Bedingungen angepasst werden. Für jeden Organismus (je nach seinem speciellen Organ-Verhältniss, seiner Arbeitsleistung etc.) gibt es ein Minimum der Nahrung, d. i. die geringste Menge Eiweiss, welche man bei Zusatz der geringsten Menge von Leim, Fett oder Kohlehydraten braucht, um den Bestand der Stoffe in ihm zu erhalten oder anderen Anforderungen zu genügen (Vergleiche). Ein Organismus, von dem viel Muskelarbeit verlangt wird, wird eine andere Nahrung bedürfen als einer, dem wenig zugemuthet werden soll, oder bei dem es weniger auf Muskel-, sondern auf den nöthigen Fettansatz zu einer normalen Ernährungsfähigkeit ankommt.

Die verschiedene chemische und anatomische Zusammensetzung des Körpers ist mit der Verschiedenheit in der Verdauungsstärke vorzüglich der Grund, warum ein und dieselbe Nahrung bei verschiedenen Individuen so ganz verschiedene Wirkung hervorbringt.

Verschiedene Ernährungsweisen.

MOLESCHOTT hat versucht, aus älteren Versuchsreihen von MULDER, PLAYFAIR, LUDWIG, WUNDT, GENTH und GASPARIN das Kostmaass eines arbeitenden erwachsenen Mannes zu berechnen. Es ist bemerkenswerth, wie nahe dasselbe mit dieser unserer Normaldiät für geringe Muskelleistung, welche experimentell ausgeprobt wurde, übereinstimmt. Nur ist der ganze Verbrauch etwas höher gegriffen, was darin einerseits seinen Grund hat, dass der Kosten für Muskelarbeit berechnet ist und dass man andererseits vor meinen Kohlensäurebestimmungen am Menschen mit dem PETTENKOFER'schen Respirationsapparate die Kohlensäureabscheidung des Erwachsenen ziemlich viel höher schätzte; meist legte man den von LUDWIG aus der Nahrung hessischer Soldaten berechneten Werth von  $27\frac{8}{10}$  Loth = 434,4 Gramm Kohlenstoff zu Grunde, was nach meinen Beobachtungen fast um das Doppelte zu viel ist, 224 : 434. Das von mir beobachtete Individuum würde ohne stärkere Muskelleistung bei dem MOLESCHOTT'schen Kostmaasse Stoffe angesetzt haben, also gemästet worden sein.

Nach der Berechnung MOLESCHOTT's müsste das tägliche Kostmaass für einen kräftig arbeitenden erwachsenen Mann, z. B. Arbeiter, Soldaten betragen:

an Albumin . . . . .	=	430	Gramm
- Fett . . . . .	=	84	-
- Stärkemehl oder Zucker etc.	=	404	-
- Salzen . . . . .	=	30	-
- Wasser . . . . .	=	2800	-

Zusammen: 3448 Gramm.

Die Gesamtstickstoffmenge beträgt hier 20,2 Gramm N; die Gesamtkohlenstoffmenge 320 Gramm C; das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss ist dabei: 4 : 15, der gleiche Werth den auch wir bei unseren Beobachtungen gefunden haben.

Es ist nach unseren Vorbesprechungen einleuchtend, dass diese Zahlenangaben keine absoluten Werth beanspruchen können. Um den Körper zu erhalten, kann eine Nahrung

z. B. wie die eben angeführte dienen; doch ist zu dem angestrebten Zwecke die angeführte Mischung nicht gerade erforderlich.

Nehmen wir an, dass der Mensch allein von Fleisch sich ernähren kann, wie es der Fall wäre, so würden wir zu demselben Zwecke ausreichen nach unserer oben angestellten Berechnung mit 2000 Gramm Fleisch. Diese Fleischmenge enthält: 68 Gramm N und 680 Gramm C. Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss würde betragen: 1 : 8,7.

Hungerzustände bestreitet derselbe Organismus seine Bedürfnisse für 24 Stunden mit 50—60 Gramm Albumin, etwa = 200 Gramm Fleisch, und 200 Gramm Fett. Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss beträgt im Durchschnitt: 1 : 20,5.

Bei stickstofffreier Kost wird der Albuminverbrauch des Organismus noch herabgesetzt gegen den Hungerzustand, das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss steigt auf

und wurde in anderen Versuchsreihen meine Körperverluste noch durch mehrere andere Stickstoff-Combinationen. In einer Reihe wurde genossen:

Rindfleisch	=	500 Gramm	=	17 Gramm N	und	62,7 Gramm C
Brod	.	.	=	200	-	= 2,56 - - - 48,72 - -
Fett	.	.	=	80	-	= 0 - - - 54,29 - -
Rohrzucker	=	125	-	= 0	-	- - - 52,7 - -
Salz	.	.	=	10	-	
Wasser	.	=	2000 cc			

Zusammen: 49,56 Gramm N und 218,44 Gramm C.

Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss ist hier: 1 : 41,2 sehr annähernd an jene Grösse, die bei nur durch den Appetit geregelter Kost einhält, wo ich bei verschiedenen Versuchen wie: 1 : 42 fand. In der Milch ist das Verhältniss

ich stellte neuerdings als Kostsatz für den Arbeiter auf:

	Stickstoff:	Kohlenstoff:
418 Eiweiss	18,3	63
56 Fett	—	43
500 Stärkemehl	—	222
<hr/>		
	18,3 N :	328 C = 1 : 18

ist einleuchtend, dass wir nach diesen Erfahrungen nicht mehr von einem ein für allemal feststehenden Kostsatze, in welchem eine bestimmte Menge von Albumin und von stickstofffreien Nahrungsstoffen vertreten sein müsste, sprechen können.

### Volksernährung.

Die verschiedene Art der Volksernährung in den verschiedenen Ländern bestätigt ebenfalls die Richtigkeit dieses Satzes.

FAIR fand in der Nahrung englischer Landbauer nur 67,15 Gramm Albumin und 238,62 Gramm stickstofffreie Nahrungsmittel enthalten; eine andere Bestimmung desselben: 87,72 Gramm Albumin auf 350,94 Gramm stickstofffreie Substanzen.

Nach den Angaben BÖHM's besteht die Kost der ärmsten Volksklassen in nördlichen Gegenden (Luckau) für Aeltern und ein (fünfjähriges) Kind pro Woche aus:

8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Mtz. Kartoffeln	= c. 41 Pfd. = 410 Gramm Albuminate
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> - Mehl	= 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> - = 67,5 - -
1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Pfd. Fleisch	= 99,5 - -
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> - Reis	= 10,0 - -
12 - Brod	= 300,0 - -
geringste Mengen von Milch	

---

28875 Gramm mit 887 Gramm Eiweiss.

Man kann etwa die Hälfte auf den Mann, die zweite Hälfte auf Frau und Kind rechnen so dass der Mann etwa 64 Gramm Eiweiss pro Tag erhält.

Die Bauern des bayerischen Gebirges und der bayerischen Hochebene essen nur an vier Feiertagen im Jahre Fleisch. Sie nähren sich sonst von Mehlspeisen, die durch ihren ungemeinen Fettreichthum auffallen. Diese sogenannte »Schmalzkost« ziehen sie als Fleischkost als besonders kräftigend vor, wie ihr Sprichwort sagt:

»A habernes Ross und an g'schmalzenen Mann

Die zwoa reisst koa Teufel zam«.

Uebrigens ist die Kost dieser kräftigen Bergbewohner durchaus nicht eiweissarm. Laut Ein Holzknecht in Reichenhall empfängt, wenn er am Montag nach dem Frühstück in die Berge geht, von seinem Herrn 3,4 Zollpfd. Schmalz, 7,8 Pfd. Mehl, 4,5 Pfd. Brod; er kehrt Samstag Abends nach Hause und isst zu Hause zu Nacht. Die angegebene Nahrung würde für 3 volle Tage ausreichen; sie entspricht — das Stärkemehl in Fett (34 : 10) und das Brod in Fleisch umgerechnet (100 Pfd. Mehl = 440 Pfd. Brod, worin 20% Albumin), per Tag.

Fleisch 540 Gramm,

Fett 626 Gramm!

Auf eigene Rechnung kauft sich der Holzknecht noch ein Maass gedörrtes Obst, sicher nicht der Leckerei wegen, sondern um in seiner Speise das Quantum der arbeitenden Alkalien zu vermehren. Noch bedeutendere Albuminmengen der Schmalzkost geben die Berechnungen H. RANKE's nach dem jährlichen Durchschnitt für sein Landgut Laufzorn bei Münden. Hier erhält ein Knecht im Tage durchschnittlich 452 Gramm Albuminate, im Jahre 164 3/4 Gramm, davon aber nur 1 3/4 % als Fleisch.

E. SZIRMEIL fand die Zusammensetzung der Nahrung von 4 Bergleuten in der Silberau bei Ems im Tagesdurchschnitt zu. 488 Gramm Eiweiss, 413 Fett und 626 Kohlenhydrate.

Reisende berichten von den erstaunlichen Fettmengen, welche die Bewohner der arktischen Länder zu geniessen pflegen. In einem kalten Klima ist man der grossen Wärmemenge wegen genöthigt, viel zu essen und namentlich Fett wegen seiner hohen Verbrennungswärme. Ein Eskimo soll im Stande sein, im Tag 8—12 Pfd. (?) fettes Walrossfleisch zu verzehren. Diese reichliche Nahrung liefert ihm genügend Wärme, um den grossen Wärmeverlust trotzten zu können. Doch sind derartige Bemerkungen noch nicht genügend wissenschaftlich begründet.

DARWIN erzählt bei Gelegenheit der Beschreibung seines Aufenthaltes in den Polar-



der eine besondere kraftgebende Wirkung zuschreiben. Aehnlich wird es sich bei den anderen oben genannten Bevölkerungen verhalten.

Wie sehr man sich bei derartigen aprioristischen Voraussetzungen sogar in nächster Nähe irren kann, zeigt das oben angeführte Beispiel der Ernährung der bayerischen Gärgebewohner, von denen man behauptet hatte, dass sie bei einer Diät, welche vorzugsweise aus Kohlehydraten und Fett besteht, anstrengender Arbeit fähig seien; erst LIEBIG zeigte, dass die Albuminmenge ihrer Nahrung eine sehr bedeutende ist. Aehnlich geht es mit der Behauptung der »Nährhaftigkeit« des Biers. Man behauptete früher vielfältig gegen LIEBIG, dass die bayerischen Arbeiter sich mit Bier (und Brod) arbeitskräftig erhielten. LIEBIG konnte nachweisen, dass die stärksten Biertrinker in München auch die stärksten Esser sind. In der SEDLMAYER'schen Bierfabrik trifft auf den Kopf eines Arbeiters im 1/2jährigen Durchschnitt pro Tag:

546	Gramm Brod,
840	- Fleisch (vom Metzger),
9	- Fett und Gemüse etc.,
8000	= 8 Liter Bier!

Die Arbeit der Brauknechte ist sehr schwer und nur sehr starke Männer eignen sich dazu. Um mit Bier, das kein oder nur Spuren von Eiweiss enthält, den Kohlenstoffverbrauch des Organismus zu decken, bedürfte man 12—18 Liter im Tage! dabei müsste aber immer noch Eiweiss zugeführt werden. Das ist der Sinn, wenn wir auch bei reichlichster Bierconsumption eiweisshaltige Stoffe z. B. Käse mitgenossen sehen.

Die Londoner Hafenarbeiter (NAVVIERS), welche z. B. im Krimkriege bei dem Eisenbahnbau bei Bala Klava sich durch ihre ausserordentliche Arbeitsleistung auszeichneten, verzehrten täglich 450—459 Gramm Albuminate und zwar ca.  $\frac{3}{4}$  in Form von Fleisch. Wir sehen, wie geschickt der Volksinstinkt die richtige Verbindung der Nahrungsstoffe herausfinden weiss; die Erfahrung hat dem Menschengeschlecht seit dem Beginne seines Daseins hierin Alles gelehrt, was die Wissenschaft erst mühsam zu ergründen und zu begründen bestrebt ist. Dem Einzelnen unbewusst zeigt sich über der ganzen Lebensweise der Nation eine strenge Gesetzmässigkeit: Die gesunde Volksnahrung bestrebt sich im Allgemeinen, den Körper auf einem ziemlich hohen Organstand — Muskel- und Fettmenge — dauernd zu erhalten. Sie ist stets Erhaltungsnahrung (Vorr). Die Ernährung kann auch, wie wir sehen, von einem anderen Gesichtspunkte ausgehen. Sie kann eine bestimmte Veränderung des Körperzustandes anstreben. Sie kann beabsichtigen, den Körper fett- oder fleischreicher, oder fleischärmer zu machen. Die verschiedenen Berufsweisen, Geschlechter, Lebensalter erfordern eine sehr verschiedene Nahrung. Wir wollen einige hervorragende Beispiele der Art noch besprechen.

### Ernährung der Truppen.

Beginnen wir mit der Ernährung der Truppen im Frieden.

Die Aufgabe scheint ziemlich einfach zu lösen. Wir haben in den zu Ernährenden kräftigere erwachsene Männer vor uns, die wenigstens theilweise und zu Zeiten stark zu arbeiten

Trotz der scheinbaren Einfachheit fällt in den verschiedenen Ländern die Antwort auf uns vorliegende Frage sehr verschieden aus.

Wir verdanken LIEBIG eine Zusammenstellung der Nahrungsmengen, welche von einer Compagnie hessischer Soldaten während eines Monats aufgenommen wurden, zusammen mit den in der gleichen Zeit ausgeschiedenen Exkrementen. Es ergibt sich, dass auf einen Mann der beobachteten Compagnie, eingerechnet, was er noch neben seiner militärischen Thätigkeit zu sich nimmt, 75,74 Gramm Albumin auf 447,86 Gramm stickstofffreie Stoffe

treffen. LIEBIG hält für einen Soldaten im Frieden 125 Gramm Albumin genügend, im Kriege verlangt er mindestens 140 — 148 Gramm.

Der Soldat des norddeutschen Bundes erhielt nach dem Reglement vor 1870 folgendes im Frieden nach VOIR's Berechnung:

	I. kleine: II. grosse Portion:		Eiweiss:		Fett:		Stärke
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	
Brod . . . . .	697	697	56	56	10	10	343
Fleisch ohne Knochen							
(200% Knochen) . . . . .	120	200	19	31	8	13	—
Reis . . . . .	91	116	4	6	1	1	76
oder Graupen . . . . .	116	149	12	16	2	3	92
- Hülsenfrüchte . . . . .	232	307	51	67	5	6	126
- Kartoffeln . . . . .	1500	1992	23	30	30	40	350
bei Reis . . . . .			79	93	19	24	419
- Graupen . . . . .			87	103	20	26	425
- Hülsenfrüchte . . . . .			125	154	23	30	469
- Kartoffeln . . . . .			97	117	48	63	693
Im Mittel:			97	117	28	36	451

In Frankreich ist die Nahrungsmenge im Frieden: 328 Fleisch und 846 Brod. Es sind hier die Kossätze sehr wechselnd. Nach HILDESHEIM erhält der Mann im Felde 24 Loth 400 Gramm Fleisch.

In Oesterreich erhielt vor 1866 der Soldat im Frieden: 900 Brod, 224 Fleisch und 100 Mehl oder 70 Erbsen, Linsen, Bohnen, 560 Kartoffeln, Schmalz 9, Gerstengraupen 140. Im Mittel ist in dieser Nahrung enthalten 110 Eiweiss, 37 Fett, 525 Stärkemehl.

Ein englischer Soldat in Europa erhält nach PLAYFAIR 119,05 Albuminate auf 220 stickstofflose Nahrungsstoffe: in Indien 112,46 auf 339,82. Bei einem englischen Matrosen besteht die Nahrung bei frischem Fleisch aus 114,67 Gramm Albuminat, 338,82 Gramm stickstofffreie Substanzen; bei gesalzenem Fleische treffen 134,46 Gramm auf 485,35 der letzteren.

Wir sehen, dass die Mengen der Eiweisssubstanzen im Verhältniss zu den stickstofflosen Stoffen in den Truppenkossätzen sehr schwankend sind.

Nach den uns bekannten Gesetzen der Ernährung ist es uns sogleich einleuchtend, dass alle die verschiedenen Kossätze wohl ausreichend genannt werden können für die Ernährung eines kräftigen Mannes bei mässiger Arbeit. Es kann hierzu jede Modification der Nahrungsstoffe verwendet werden, welche auf etwa 15—18 Gramm N aus Albuminaten 230 Gramm Kohlenstoff aus 2/3 Stärke und 1/3 Fett enthält.

Am kostspieligsten ist unter den Nahrungsmitteln das Fleisch. Es wird zweckmässig sein, seine Menge zu beschränken und das Fehlende mit Schwarzbrod, Bohnen- und Linsmehl zu ersetzen, welche durch ihren Eiweissgehalt sich empfehlen (über Schwarzbrod cf. unten).

Ernährung der Truppen im Kriege. Anders stellt sich die Frage für den Fall der Truppenverwendung im Kriege. Die grossen Strapazen, welchen der Einzelne hier ausgesetzt ist, erfordern eine Vorbereitung des Körpers zur Erzeugung möglichst grosser Körperkraft bei möglichst geringer Körpermasse, um die Bewegungen mit dem geringsten inneren Widerstande ausführen zu können. Das gilt auch, wenn man möglichste schlagfertige Kriegstüchtigkeit der Truppen im Frieden beansprucht. Hier kommt also eine ganz andere Frage zur Antwort, als sie uns bei der Beköstigung der Truppen im Frieden vorliegt. Während es vorzüglich eine Erhaltungsnahrung erforderlich war, da es weniger darauf ankam, den Mann für übergrosse Anstrengungen geschickt zu machen, müssen wir uns hier nach Mitteln umsehen, welche den zwar gesunden, aber vielleicht

armen oder gemästeten Körper des Rekruten zu einem für den Kriegsdienst taugmuskulösen und arbeitsfähigen umwandeln. Wir wissen, dass dieses nur geschehen bei kräftiger Arbeit durch reichliche Zufuhr von Albuminaten in der Nahrung. Das was eine für den Krieg taugliche Truppenernährung enthalten muss, ist eine bei weitem Menge von Fleisch, als sie zur alleinigen Erhaltung des Organismus neben Fetten Kohlehydraten erforderlich wäre. Es muss möglichst in der Nahrung das Bestreben ob- die Muskelmasse und die im Säftestrom arbeitende Eiweissmenge zu vermehren. Am ässigsten würde es sein, soweit es thunlich ist, die Truppen im Felde auf das Regime lischen Faustkämpfer zu setzen, von dem wir erfahren, dass es vorzüglich aus wie bei den Kämpfern des Alterthums — Rindfleisch, Beefsteaks — besteht. Fett oder die Kohlehydrate den Fleischansatz ermöglichen, dürfen aber auch sie na- besonders bei anfänglich mageren Körpern nicht fehlen.

r ursprünglich fettreiche Körper wird bei kräftiger Arbeit durch me Fleischnahrung an sich muskelreicher und fettärmer: stärker weglicher.

so vorbereitete Körper, dessen Muskelmasse und circulirende Säftemasse gesteigert m Stande, eine möglichst grosse Kraftanstrengung zu leisten. Bei der Arbeitsleistung um Ersatz der dabei stattfindenden Körerverluste muss nicht nur die Eiweisszufuhr, auch die Zufuhr der Kohlehydrate und Fette eine gesteigerte sein, da bei der Muskel- besonders die Respirationsausscheidung eine sehr wesentlich gesteigerte ist. Diese atze kamen in den letzten Kriegen praktisch zur Anwendung.

ch dem Reglement der Deutschen Truppen bestehen die Kriegsportionen aus:

	I. kleine: II. grosse Portion:		Eiweiss:		Fett:		Stärke:	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
der 500 Zwieback)	749 . . . .	749 . . . .	60	60	44	44	367	367
ohne Knochen(200/o								
ben) . . . . .	300 <sup>1)</sup> . . . .	400 . . . .	47	63	24	26	—	—
. . . . .	424 . . . .	466 . . . .	6	8	4	4	404	438
raupen . . . . .	424 . . . .	466 . . . .	43	47	2	3	88	119
ilsenfrüchte . . .	248 . . . .	332 . . . .	54	72	5	7	435	480
ehl . . . . .	248 . . . .	— . . . .	32	—	3	—	473	—
rtoffeln . . . . .	1500 . . . .	2000 . . . .	22	30	30	40	350	466
<hr/>								
bei Reis . . . . .			413	434	36	39	474	506
- Graupen . . . . .			420	439	37	44	456	487
- Hülsenfrüchten . . . . .			464	495	40	44	502	547
- Mehl . . . . .			432	—	38	—	540	—
- Kartoffeln . . . . .			429	453	65	77	717	834
<hr/>								
Im Mittel:			434	454	43	50	537	593.

Kriegsportion der österreichischen Truppen besteht jetzt im Mittel aus weiss, 60 Fett und 600 Stärkemehl.

Gegensätze zu den oben von PLAYFAIR gemachten Angaben bestand im zweiten Winter nmkriegs die Ration des englischen Soldaten aus: 680 Gramm Brod, 567 und Fett, 76 Reis, 680 Kartoffeln. Aus ärztlichen Mittheilungen ergibt sich, dass die in jener Zeit ein gemästetes Ansehen und eine sehr bedeutende Fettmenge im Unter-

---

oder 249 geräuchertes Rind- oder Hammelfleisch oder 466 Speck, letzteren neben rüchten, bei denen ohne Fleisch der Eiweissgehalt schon 414 Gramm beträgt. r Speck enthält noch eine geringe Quantität Eiweissstoffe, so dass dadurch die mittlere menge erreicht wird.

hautzellgewebe erkennen liessen, welche für Ertragung niedriger Temperaturen und nasstem Wetters im Lagerdienste passend gewesen sein mag, bei Verwundungen und chirurgischen Operationen dagegen die Heilerfolge sehr beeinträchtigte durch die den Chirurgen bekannte geringe Neigung des Fettgewebes zu vernarben.

Anstatt des Brodes der Kasernenkost sind, da sie weit mehr Nahrungsmaterial kleiner Masse enthalten, im Krieg Speck oder Fett und Erbsenmehl (Erbswurst) oder überhaupt Leguminosenmehl anzurathen. Auch das scharf getrocknete Brod: Zwieback ist empfohlen.

Gewöhnlich werden der Nahrung der Soldaten im Felde auch noch Spirituosen, besonders Branntwein und Tabak zugesetzt. Jener hat zweierlei Zwecke zu erfüllen. Man genossen gibt er bei kalter, besonders nasskalter Witterung ein behagliches Wärmegefühl und hebt schon dadurch die geistige Stimmung, auf die wir den Alkohol so energisch erlösende Wirkungen ausüben sehen. Dabei steigert er das Kraftgefühl und lässt Müdigkeit leichter überwinden. Aus diesen Ursachen hält man den Alkohol für einen unentbehrlichen Bestandtheil der Feldkost, und es wurden unter Umständen, namentlich im Krimkrieg auf russischer und englischer Seite, grosse Quantitäten davon täglich verabreicht. Da liegt im Branntwein eine nicht zu verkennende Gefahr. Der Alkohol steigert bei jugendlich kräftigen, gut verdauenden Individuen die Neigung zum Fettansatz, der für einen tüchtigen Soldaten nicht zu wünschen ist; dabei erfordert ein regelmässiger Alkoholgenuß um die gleichen Wirkungen hervorzubringen, fort und fort eine Steigerung in der eingenommenen Quantität, wodurch die schädlichen Folgen der chronischen Alkoholvergiftung zur Geltung kommen müssen. Am meisten wäre hier der chronische Magenkatarrh zu fürchten, der eine gute Ernährung und damit ein Gesund- und Kräftighalten der Mannes unmöglich machen würde.

Für einige Zwecke, welche man mit Alkoholgenuß zu erreichen strebt, ist entsprechend, ungefährlich und gewiss von nicht geringerer Wirkung Kaffee (und Thee), wenn der Soldat die Möglichkeit hat, Feuer zu machen. Wir kennen die belebende, kräftigend-ermunternde Wirkung dieser Getränke. Es ist nicht schwer, aus gutem Kaffee ein Extrakt bereiten, dem man Zucker zusetzen kann. Der Kaffee wird damit leicht transportabel; etwas heisses Wasser genügt, um aus ihm ein gutes Getränk herzustellen. Der Branntwein könnte dann zweckmässig auf die Zeiten verspart werden, in denen es für den Soldaten unmöglich ist, abzukochen.

Für solche Fälle soll der Soldat im Felde stets etwas bei sich tragen: ein eiserner Kasten. Man hat das Verschiedenste angerathen. Mir scheint, dass ein gut verpacktes Stück Käse (250 Gramm), so dass es nicht zu viel an Wasser verliert, neben dem Zwieback und Brod (750 Gramm), welches der Soldat bei sich führt, das entsprechende Surrogat für eine Mahlzeit Nahrung wäre. Es ist mit einem Schluck Branntwein gewiss Das, was dem Soldaten am besten munden und den Stoffverbrauch vollkommen decken würde. Wir müssen übrigenfalls bei allen derartigen Anforderungen bedenken, dass es auch bei starker Arbeit für den Soldaten nicht genügt, vorher gut genährten Organismus durchaus nicht nothwendig ist, dass er während der ganzen vierundzwanzig Stunden eine ausreichende Nahrung erhält. Das Wohlbefinden der Leute sinkt bei mangelnder Nahrung — abgesehen vom Hungergefühl, dem einige Schluck Branntwein und Tabak abhelfen können — zunächst gewiss besonders durch die psychische Herabstimmung, die ein ohne Nahrungsaufnahme verstrichener Tag hinterlässt. Ein kräftiges Stück Käse zum Zwieback, oder nöthigenfalls allein, würde, auch wenn es wohl nicht zum vollkommenen Ersatz des Körperverschlusses für den Tag ausreichen könnte, doch am ersten noch — da der Käse in dem Geruche grosser Nahrhaftigkeit steht — den psychischen Eindruck der genügenden Nahrungsaufnahme hervorbringen, auf den es hier vor Allem ankommt. Diese Nahrung für den äussersten Nothfall könnte auch zweckmässig aus Fett — einem Stück von sehr fettem geräuchertem Schweinefleisch: Speck — bestehen. Die guten Soldatenmagen würden für seine Verdauung sorgen und der Körperverschluss würde

arch vollständig gedeckt werden können. Es würde dazu nur etwa 220 Gramm Speck oder 140 Gramm Käse für den Tag erforderlich sein. Die süddeutschen Soldaten verschmähen doch den Speck.

### Ernährung in Anstalten und Familien.

Die Ernährung in Gefangenenanstalten ist gewöhnlich eine Hungerkost, wenn man damit eine Kostmenge und Mischung bezeichnen, welche den Körper erst, wenn er schon auf eine geringe Organmasse herabgekommen ist, auf diesem herabgeminderten Zustande zu erhalten vermag. Es treten hier die Mängel einer Ernährungsweise noch weit greller zu Tage als bei dem Soldaten, dem schon der Besitz der Freiheit und Uniform noch anderweitige Nahrungsquellen eröffnet, die für den Gefangenen verschlossen sind, welcher, allein auf sein Kostmass angewiesen, die täglichen Ausgaben seines Körpers allein mit seinen täglichen Nahrungseinnahmen ins Gleichgewicht setzen muss. Der relative Nahrungsmangel, an den sich der Körper nur schwer und schlecht gewöhnt, ist in vielen Fällen der Grund, welcher die Freiheitsstrafe für so Manchen zu einer Todesstrafe macht.

Der Staat hat auch für diese Elenden nach Kräften zu sorgen, damit sie nicht noch elender gemacht werden, als das Gesetz es verlangt. In einem geordneten Staate muss das Gesetz, welches den Verbrecher verurtheilt, zugleich ihn schützen vor anderweitigen, durch die Strafe nicht beabsichtigten Beeinträchtigungen seiner Person. So nahe der Gedanke liegen mag, dass es für einen seiner Freiheit zur Strafe Beraubten nicht nöthig sei, gut und viel zu essen, so ungerecht ist es, demselben seinen nöthigen Unterhalt vorzuenthalten. Die sitzende, einschlössene Lebensweise der Gefangenen mag früher den für sie angenommenen geringen Nahrungssatz wenigstens entschuldigt haben. Jetzt, da die Arbeit im Freien, besonders die schwere Arbeit mit so vortrefflichem Erfolge in den Gefangenenanstalten eingeführt wird, sollte die Nahrungsmenge jedes Einzelnen dem Bedürfnisse eines Arbeiters genügen. Da bei den Gefangenen jeder Zuschuss zu ihrer Nahrung wegfällt, so sollte ihr Kostsatz wohl sogar noch höher gegriffen sein, als der der Truppen in Friedenszeit. Das dort Gesagte gilt im Allgemeinen auch hier. Dabei ist in den gegebenen Grenzen auch auf eine dem natürlichen Geschmacke Rechnung tragende Zubereitung mit Zusatz der nöthigen Gewürze und Abwechselung in den Speisen zu sorgen, da nur so sich die Gesundheit der Verdauungsorgane erhalten lässt.

Nach PLAYFAIR beträgt die Kost der englischen Gefangenen etwa:

an Albuminaten . . . . .	60 Gramm,
an stickstofffreien Stoffen . . . .	430 -

Bei den bengalischen auf Hungerkost gesetzten Gefangenen beträgt die Albuminmenge in der Nahrung nur etwa 40 Gramm.

Die erstere Angabe ist nicht viel geringer, als die für den englischen Landbauer und die ersten Klassen in Norddeutschland.

Nach BÖHM erhält in der Strafanstalt in Luckau der schwer arbeitende Gefangene eine Morgensuppe aus (auf Gramm umgerechnet 1 Loth = 15,62 Gramm) 62,5 Gramm Roggen- oder Gerstenmehl (mit geschmackverbessernden Zusätzen), die Abendsuppe enthält noch 25<sup>cc</sup> Milch oder 15,6 Gramm Butter, oder sie besteht aus 140 Gramm Roggenbrod oder 15,6 Gramm Gerstenmehl. Mittags z. B. 109 Gramm Bohnen, 1170 Gramm Kartoffel oder 1945 Gramm Gerstenmehl, oder Erbsen mit Kartoffel, Linsen mit Kartoffel (oder abwechselnd Rübenarten, Buchgrütze, Graupen, aber niemals Fleisch). Daraus ergibt sich (BÖHM) als Mittel für den Tag 70 — 78,5 Gramm Eiweiss, wenn man noch das tägliche Roggenbrod mit 383 Gramm zurechnet.

Der preussische Gerichtsgefangene erhält 750 Gramm Roggenbrod, 8 Gramm Salz und 375<sup>cc</sup> dick gekochter, mit frischem Fett geschmalzter Suppe, mit deren Ingredienzen täglich nach einer für die Woche anzustellenden Reihenfolge abzuwechseln ist. BÖHM berechnet daraus 60 Gramm Albuminate. Individuen, deren Gefängnisstrafe die Dauer von 4 Tagen

nicht übersteigt, erhalten dagegen täglich nur 500 Gramm Roggenbrod, 5,8 Gramm Salz und der oben bezeichneten Suppe. »Bei Wasser und Brod« Eingesperrte erhalten täglich 4 Kilo Roggenbrod und 15,6 Gramm Salz, also auch etwa 60 Gramm Albuminate, während die für Zeit Eingesperrten nur etwa 40 Gramm Eiweiss täglich erhalten. Nach der zweiten Könnten im Tage nur 12 Gramm Harnstoff gebildet werden — 6,2 Gramm N —, was täglichen Eiweissbedürfniss auch bei sehr geschwächtem, aber doch gesundem Körper entsprechen kann, da die Harnstoffausscheidung eines gesunden Mannes sicher nicht mindestens einige 20 Gramm in 24 Stunden herabsinken darf. Es muss also immer so weiss gegeben werden, um eine so grosse Ausgabe zu decken. HAUGHTON bestimmte dann an englischen Gefangenen bei ausschliesslich vegetabilischer Diät wirklich nur 1 Gramm Stickstoff als Ausscheidung (im Harn). Im Zellengefängnisse Pentonville in London erhalten die Gefangenen folgende, durch mehrmaligen Wechsel geprüfte Nahrung nach Berechnung:

		Eiweiss:	Fett:	Stärke und Mehl
Fleisch (ohne Knochen 20 0/0)	114	25	1	—
Brod . . . . .	570	47	—	252
Fleischbrühe . . . . .	284 <sup>cc</sup>	—	—	—
Kartoffeln . . . . .	654	17	—	135
Hafer Schleim . . . . .	568 <sup>cc</sup>	2	—	9
mit Hafermehl . . . . .	14			
und Syrup . . . . .	21	—	—	21
426 <sup>cc</sup> Cacao trank mit Cacaoschalen	21	—	—	—
und Syrup . . . . .	27	—	—	27
Milch . . . . .	57	8	2	2
		94	3	446

F. W. BENEKE machte zahlreiche Untersuchungen über die Kost der Pfleglinge I. Klasse in der Irrenanstalt zu Marburg a. d. L. Die Kossätze sind beide gewiss zu hoch. Die I. Klasse erhielt im Mittel pro Tag 179 Gramm Eiweiss, 149 Gramm Fett, 489 (Kohlehydrate; die II. Klasse: 133 Gramm Eiweiss, 74 Gramm Fett, 504 (Kohlehydrate.

Die Nahrung der heranwachsenden Jugend in Erziehungsanstalten und Familien hat für reichlich Fleisch und nicht zu wenig Fett zu sorgen, um das erforderliche Stoffquantum in möglichst geringer Masse reichen zu können, und die jugendlichen Mägen nicht zu überladen. Hier kann mehr individualisirt werden, und ein aufmerksamer pflichttreuer Director oder Familienvater, der den Mahlzeiten der Kinder selbst beiwohnen kann, kann wohl dem zu Fettansatz neigenden mehr Fleisch und weniger stickstofffreie Nahrung geben, dem Mageren und dadurch Schwächlichen mehr Fett neben einer gehörigen Fettportion geben.

Bei heranwachsenden und erwachsenen Mädchen und Frauen ist ein genügender Fleischgenuss zur Entwicklung der Muskulatur sehr anzurathen; doch sind in ihrer Nahrung — wenn nicht eine abnorme Neigung zur Fettbildung bemerklich wird — die fettbildenden Substanzen wie Fett, Brod, Mehlspeisen, Zucker etc. nicht absichtlich zu beschränken, da der Lebensberuf eine überwiegende Ausbildung des Muskelsystems nicht verlangt und ein starker Fettreichtum die Möglichkeit der mütterlichen Ernährung des Neugeborenen steigern vermag.

Es wird nicht schwer sein, aus dem bisher Gesagten sich in dem einzelnen Falle zu orientiren, wenn es gilt, die Ernährungsgesetze zu einem gewissen, bestimmt formulirten Zwecke zu verwerthen. Immer wird sich die Frage auf sehr einfache Gesichtspunkte zurückführen lassen.



## Die Ernährungsart als Krankheitsursache. Ernährung der Armen.

Ein rel. Uebermaass von Kartoffeln, Brod und ähnlichen stickstoffarmen Nahrungsmitteln ohne genügenden Eiweisszusatz zur Nahrung, wie es häufig nicht nur aus Armuth resultirt, macht den Körper verarmen an Eiweiss und Fett und häuft Wasser in ihm an, wie z. B. auch aus dem obigen Beispiel von stickstoffreicher Kost bei dem Menschen (S. 225) ersichtlich ist.

Von v. PETTENKOFER ist auf den Wasserreichthum der Gewebe des Körpers als eine disponirende Ursache für Erkrankung an Cholera hingewiesen worden. Wenn wir Todtenlisten dieser verheerenden Krankheit betrachten, so finden wir unter ihren Opfern Allem die unterste, ärmste, man könnte sagen hungernde Volksklasse, so dass man die Cholera eine Krankheit der Armen hat nennen können. Ebenso sehen wir abgearbeitete, müde Individuen dieser Krankheit erliegen, während andere, welche sich, die Ermüdung abgerechnet, in den gleichen äusseren Verhältnissen befinden, davon verschont bleiben.

Es wird dieses Verhältniss besonders bei dem Militär bemerklich, bei dem nach anstrengenden Märschen etc. die Disposition zur Erkrankung zunimmt. Auch Alte und Kinder zeigen eine hervorragende Cholerasterblichkeit. Alle die genannten Kategorien Bevölkerung zeigen, wie v. PETTENKOFER im Anschluss z. Thl. an meine Bestimmungen Wassergehalt der Organe im Alter (S. 224) bemerkt, übereinstimmend einen erhöhten Wassergehalt der Gewebe, der dieselben für krankhafte Zersetzungen zugänglicher macht.

Nach den Beobachtungen an Thieren und Menschen ist es besonders eine rein vegetabilische Nahrung, welche den Körper wässerig macht. Er kann dann rund und wohlgeformt erscheinen; seine Fülle besteht aber nur in einer Anhäufung von Wasser. Dieses »wässrige« Aussehen, dieser »Kartoffelbauch« kann durch eine kräftige Nahrung, in welcher Eiweissstoffe vorwalten, in ein weniger volles aber gesundes umgewandelt werden. Bei Beginn des Fleischgenusses geht das angesammelte Wasser in Strömen aus dem Organismus im Urin ab, so dass die reichere Ernährung zu Anfang mit einem Gewichtsverlust verknüpft ist (Vergleichung mit Ernährung mit Fleisch). Auch der Hunger, der die Gewebsstoffe verzehrt, bereichert den Körper procentisch an Wasser.

Wir sehen, dass die arme Bevölkerung unter diesen Umständen, der vegetabilischen Nahrung und des Hungerleidens, einen höheren Wassergehalt der Organe erkennen lassen muss. Nach meinen Beobachtungen steigert die Muskelanstrengung ohne genügenden Ersatz durch Nahrung den Wassergehalt des Muskels, der die Hauptmasse des Körpers ausmacht, beträchtlich, so dass also auch übermässige Arbeit und Anstrengung den gleichen Erfolg, wie die beiden oben besprochenen Einflüsse besitzen; sie werden am verderblichsten, wenn sie alle zu einem Gesamtergebnisse vereinigen.

Es war längst bekannt, dass der kindliche Organismus in seinen Geweben wasserreicher ist, als der erwachsene. Ich habe erwiesen, dass der scheinbar »vertrocknete« Körper der Alten sich darin dem jugendlichen Organismus analog verhält.

Die bisher mitgetheilten Ernährungsgesetze geben die Mittel an die Hand, diesen Wasserreichthum zu verringern.

Um sich allein mit Gemüse wie Kohl oder Rüben zu erhalten, bedürfte ein Mann im Durchschnitt etwa 40 Kilo, von Kartoffeln 4500 Gramm! Wirklich verzehrt nach BUCKLE in Irland ein Arbeiter täglich 4300 Gramm, eine Arbeiterin 3400 Gramm, ohne dadurch gut und kräftig genährt zu erscheinen, obwohl noch Brod und eiweissreichere Nahrung dazu gegessen wird, z. B. Milch, Buttermilch, Käse, Hering etc. Ganz analog ist es bei der Kartoffel essenden Bevölkerung Norddeutschlands. Hier ist die Kartoffel kein Nahrungsmittel, die Ernährung liesse sich mit denselben Kosten verbessern, wenn für einen Theil der Kartoffeln andere eiweissreichere und fettreichere Nahrung (namentlich Käse) gekauft würde. Dann fehlt das gewohnte Gefühl der Magenauftreibung, das fälschlich als Sättigung betrachtet und verlangt wird.

Ganz ähnlich ist es übrigens auch mit der vorwiegenden Ernährung mit Brod namentlich mit dem als nahrhaft geltenden Schwarzbrod aus grobgemahlenem Mehl, welchem Kleie beigemischt ist. PANUM und HEIBERG erklären, dass das Beibacken von Kleie zu Brod nur dem Bäcker Vortheil bringt. Während von Roggenbrod 90% wirklich verdaut werden, werden von grobkörnigem Kleienbrod (Pumpernickel) nur 80% (AD. MAYER). Die menschlichen Verdauungsorgane sind nicht im Stande, die Eiweissstoffe des grobgemahlenen Mehles genügend auszunützen. Von Weissbrod aus feinem Mehl bleiben dagegen 5,6% unverdaut. MAYER fordert zur genügenden Ernährung eines Erwachsenen 932 trocken = 1564 Gramm frische Semmeln, 807 trockenes = 1502 frisches Roggenbrod und 1172 trockenes = 2096 frisches Kleienbrod (Pumpernickel).

Die Ausnützbarkeit der Mehlfrüchte bei der Verdauung steht im geraden Verhältniss zur Feinheit des daraus hergestellten Mehles. Linse, Bohnen, Grütze, gebrochenes Getreide etc. sind daher weit weniger »nahrhaft«, d. h. weniger voll für die Ernährung als aus diesen Früchten hergestelltes möglichst feines Mehl (S. 215).

### Fettleibigkeit und Magerkeit.

Es kommt sehr häufig vor, dass der Arzt zur Beseitigung der Fettleibigkeit oder Magerkeit zu Rathe gezogen wird. Die Grundsätze der beiden rationellen Behandlungsarten sind im Vorausgehenden schon angegeben.

Die vielfach besprochene Banting-Kur gegen Fettleibigkeit besteht vorzüglich darin, dass man möglichst viel eiweisshaltige Stoffe (Fleisch) und wenig Fett und Kohlehydrate in der Nahrung erlaubt. Durch die reichliche Eiweisszufuhr sucht man nach Vorzug möglichst »circulirendes Eiweiss« in dem Körper anzuhäufen, unter dessen Einfluss die Zersetzungsgrösse wächst und vom aufgespeicherten Fett verbrannt wird. Dadurch ändert sich, wie wir z. B. aus meinen Fleischversuchen (S. 216) wissen, die Körperzusammensetzung des Menschen sogleich durch Fettverlust, anfänglich langsam, später immer rascher. Dem Fettverluste geht bei genügender Muskelthätigkeit ein Muskelansatz (Fleischansatz) her. Die Fleischmengen der Nahrung hat allein der Appetit zu regeln, doch müssen sie sehr gross sein. Es ist zweckmässig, den Gewichtsverlust bei solchen Kuren mit der Weiterverfolgung zu lassen, da die Beobachtung des Erfolges die Kur, die doch an sich lästig ist, erträglicher macht. Die Banting-Kur verbietet Bier, mit Fett gekochtes Gemüse, Brod. Sie gestattet nur sehr mässige Mengen trockenen Zwiebacks und leichten Wein.

Nach dem entgegengesetzten Principe muss die Kost der fettreicher zu machenden regelt sein. Hier müssen neben genügend Fleisch vor Allem wirklich Fett, Butter, Schmalz, aber auch Zucker und Stärkemehl etc. vorwalten. Besonders wird Butterbrod anzurathen sein, um zwischen den Hauptmahlzeiten genossen zu werden, ebenso Bier. Hier kommt auch der Leberthran, das Arrowroot etc. neben den eiweisshaltigen Nahrungsmitteln in ihrem Platze.

Ist der Appetit sehr gering, so muss die zu reichende Nahrungsmenge möglichst im Gewicht und Volumen beschränkt werden; am besten dient dazu das Fett. Oft wird Butterbrod noch vertragen und gern gegessen, während andere Nahrung verschmäht wird. An süsse, eingemachte Früchte mit viel Zucker und Aehnliches thun hier gute Dienste. Allem aber wende der Arzt sich gegen das Vorurtheil des Suppengenusses. Ein Teller Fleischbrühsuppe stillt meist das Essbedürfniss in den betreffenden Fällen vollkommen und doch nicht. Man lasse bei jeder Mahlzeit zuerst etwas consistente Nahrung mit möglichst viel Fett oder Zucker nehmen, soweit es der Magen ohne Störung verträgt. Dann erst zweckmässig eine Tasse Fleischextraktsuppe gereicht, um die belebende Wirkung auf das Befinden, die die Suppe hervorbringt, das Gefühl der Kräftigung mit den übrigen günstigen Wirkungen derselben hervorzurufen. An Stelle aller »nahrhaften« Thee's etc. ist wirklich Nahrung zu setzen.

Bei dem Menschen kommt es selten auf den Fettansatz als solchen an. Bei Thieren ist der **Fettansatz** bei der **Mästung** neben dem Fleischansatz das Wichtigste. **LIEBIG** hat bekanntlich **abgewiesen**, dass bei den Herbivoren die im Futter eingeführte Fettmenge nicht, wie **DUMAS** und **BORSSINGAULT** behauptet hatten, hinreichte, die Fettmenge, die bei der Mästung (oder Milchbildung) erzeugt wird, zu erklären. Es muss sonach das Fett im Körper des Pflanzenfressers **aus einer anderen Substanz: aus Kohlehydraten oder Eiweiss entstehen**. **LIEBIG** neigte sich **der ersteren Ansicht**; eine Anzahl neuerer Physiologen glauben, dass sich an der **Fettbildung** bei **Mästung** und **Milchbildung** auch das Albumin betheilige; **VOIT**, **SUBBOTIN** u. A. theilen **dem Eiweiss allein diese Rolle zu**, **VOIT** nach Beobachtungen, die er gemeinsam mit **PETTENKOFER** am Hunde und allein an einer Milchkuh angestellt hat. Die oben angeführte Beobachtung über die nöthige Relation der Eiweissstoffe zu den stickstofffreien Futterbestandtheilen **der Mast (und Milchbildung)** erklärt **VOIT** daraus, dass zur Mästung möglichst wenig **»circulirendes Eiweiss«**, das den Stoffumsatz steigert, gebildet werden müsse. Diese Relation müsse **mit dem jeweiligen Körperstand des Mastthieres verschieden sein**. Die Akten über die **Fettbildung** sind aber noch keineswegs abgeschlossen, worauf schon an mehreren Stellen hingewiesen wurde, die **Betheiligung der Kohlehydrate an der Fettbildung** keineswegs widerlegt.

Die Bienen bilden Wachs aus Kohlehydraten, wie die Untersuchungen von **RECHNER** und **V. PLANTA-REICHENAU** mit Sicherheit ergeben haben.

### Krankenkost.

Es mag hier noch daran erinnert werden, dass für Kranke das Infusum carnis (mit 10% Eiweiss) und der frisch ausgepresste Fleischsaft (6—9% Eiweiss) die am leichtesten verdauliche albuminhaltige Nahrung darstellt. Natürlich muss noch möglichst mit Kohlehydraten nachgeholfen werden; wenn Leberthran vertragen werden sollte, wäre er ein guter Zusatz, ausserdem Arrowroot, auch Compote mit Zucker etc., Fleischbrühen in solchen Flüssigkeitsquantitäten, dass sie den an sich geringen Appetit für andere Nahrungsmittel möglichst wenig beeinträchtigen. Die Nahrung muss gut gesalzen sein. Als Nervenmittel neben Fleischbrühe namentlich Kaffee und schwarzer Thee, Wein, gutes Bier hat oft vortreffliche Wirkung, da es auch die Verdauungsstärke des Magens fördert. Ueber Molke, Kräutersäfte etc. cf. oben. Ein abgemagerter Reconvalescent setzt sich einer karglichen Diät schon an und kräftigt sich, mit der er in gesunden Tagen darbt. Bei seiner Kräftigung steigt sein Nahrungsbedürfniss (s. oben).

Unter Umständen sehr wirkungsvoll ist eine von **J. v. LIEBIG** veröffentlichte Vorschrift für ein Nahrungsmittel für Kinder und Altersschwache. Das Nahrungsmittel ist die Milch nach, als deren Ersatz sie vor Allem gedacht ist: **»doppelt concentrirte Sterilmilch«**. Es enthält neben einer geringen Menge wirklicher Milch alle nährenden Bestandtheile derselben. Ein Zuckerzusatz findet nicht statt, da die Stärke des Weizenmehles durch das beigegebene Malz in Zucker verwandelt wird.

Die Mischung besteht aus:

- 47,3 Gramm feines Weizenmehl,
- 47,5        -        gemahlenes Weizenmalz (auf der Kaffeemühle gemahlen),
- 30    Tropfen kohlensaures Kali (die Lösung besteht aus 8 Theilen Wasser auf 1 Theil kohlensaures Kali),
- 475    Gramm Milch,
- 32        -        Wasser.

Diese Mischung wird zuerst auf gelinder Wärme (60—70°C.) längere Zeit erhalten, bis die Stärke durch das Malz in Zucker verwandelt ist, dann gekocht und durch ein feines Haarsieb getrieben. Der Geschmack ist angenehm süß, durch den Malzgeschmack noch gebessert. Wird selbst von neugeborenen Kindern gern genossen und meist mit dem trefflichsten Erfolge, doch muss es für solche auf das doppelte Volumen mit Wasser verdünnt werden.

Die Zubereitung gelingt bei einigem Aufmerken leicht. Man darf nur anfänglich die Hitze nicht zu sehr steigern, bis der Geschmack deutlich und stark süß wird. Nach neuerer Vorschrift kocht man zuerst das Mehl mit der Milch zu einem Brei gar, und setzt dann das etwa 2 Löffel kalten Wassers angerührte Malz zum heißen Brei, dessen Temperatur durch gehörig sinkt, so dass nun die Zuckerbildung an einem mässig warmen Ort reichlich vor sich geht. Der Brei wird nach und nach dünnflüssig und schmeckt dann deutlich süß. Ist beides eingetreten, so wird es aufgekocht und durch das feine Sieb getrieben. Man bedarf dann keiner Thermometerbeobachtung, wie nach der ersten Vorschrift.

F. W. BENEKE hat sich bei Kindern, bei denen Ammenmilch und alle andere Kost nicht vertragen wurde, von der günstigen Wirkung der »Revalenta arabica« überzeugt. Nach Canova's Analyse dem Linsenmehl sehr nahestehend, zeigt es das Verhältniss der stickstoffhaltigen Nährstoffe zu den Kohlehydraten wie 1 : 2, während es in der Muttermilch wie 1 : 3,8 — 4 ist. Dieses Verhältniss lässt sich durch Zumischen anderer feiner Mehlsorten (gleiche Mengen Linsenmehl und andern Mehlsorten) leicht erreichen. Die Mischung, mit Kochsalz und kaltem Wasser angesetzt, wird etwa eine Stunde gekocht. Er beobachtete keine Blähungen. Als A. STRÜMPFEL rühmt als Krankenkost, nach sehr genauen Versuchen, den Werth des feinvertheilten Leguminosenmehls, wie es von HARTENSTEIN in den Handel gebracht wird, in Suppenform. Es enthält in 100 Theilen lufttrocken: 3,8 N; 24,28 Eiweiss, 74,6 Kohlehydrate, 4,5 Fette und 2,8 namentlich phosphorsaure Salze. Es wird im Darm bis auf 80% seiner Eiweissstoffe ausgenutzt, also mehr als Brod und fast ebenso stark wie Fleisch, während unenthülsten, ganzen Linsen bis zu 40% ihres Eiweisses unaufgenommen bleiben. G. v. LIEBIG'S (Sohn) Molltoleguminose leistet bei Säuglings-Ernährung gute Dienste. F. PENTZOLDT empfiehlt unter Zusatz von Salicylsäure, um die Gährung zu vermeiden, das Eiweiss des Leguminosenmehls durch Pepsin oder Pankreasferment in Pepton zu verdauen: 250 Grm. feinstes Erbsenmehl, 4 Liter Wasser, 4 Grm. Salicylsäure, 0,5 Grm. gutes Pepsin, 24 Stunden bei nicht über 30° C. unter öfterem Umrühren digerirt, dann colirt, bei gelinder Wärme etwas eingeeengt. Die Suppe sei durch passende Zusätze schmackhaft zu machen. Für Typhuskranke schlägt BRUSS eine Pepton-Traubenzuckerernährung vor, für den Tag: 100 Grm. Fleischpepton, 300 Grm. Traubenzucker, 200 Grm. Rum oder Cognac mit Wasser auf ein Volum von 600 cc verdünnt, davon mit gleichen Theilen Eiswasser gemischt zu nehmen.

**Lebensalter und Ernährung.** — Die Ernährungsverhältnisse werden bedingt durch die Körperkonstitution und die Energie des Stoffumsatzes. Von der schwankenden chemischen und anatomischen Zusammensetzung des menschlichen Organismus in den verschiedenen Lebensaltern, Geschlechtern und Konstitutionen war in dem Vorstehenden mehrfach die Rede. Diesen Schwankungen entsprechen ebenso bedeutende in der Intensität des Stoffwechsels, welche theils in dem verschiedenen grossen Blutreichthum, mit dem der Säftestrom auf- und abwärts schwankt, dem schwankenden Verhältniss der Verdauungsorgane zu den Bewegungsorganen und deren Thätigkeit S. 234 ihre Erklärung findet. Theil beruht sie aber auch auf der verschiedenen Qualität der Nahrung, grössere Energie der Blut- und Säftebewegungen u. a. Mit der Zunahme der Körpergrösse nimmt die Oberfläche, an der die Wärmeabgabe, Wasserverluste etc. stattfinden, rasch ab. Ueber diese Verhältnisse sind die speciellen Capitel zu vergleichen. In der ersten Lebensperiode sehen wir die absolute Intensität des Stoffwechsels erst rasch, dann langsamer ansteigen, dann sehen wir sie zunächst mit Zunahme des Fettgehaltes des Organismus (Geschlecht und Konstitution), dann mit zunehmendem, dekrepitem Alter rascher, dann langsamer sinken, entsprechend der Abnahme des Körpers an Organengewicht oder wenigstens an Gewicht der festen Organstoffe, Abnahme der Energie der Säfte- und Blutbewegungen, und der Blutverarmung. Anders verhält sich die relative Stärke des Stoffwechsels, auf das Körpergewicht bezogen. Hier zeigen sich die Stoffwechselvorgänge am intensivsten im ersten Lebensjahre, von wo an sie relativ erst etwas schneller, dann im

...Nahrung und Nährstoffe. ...verbrauch geltend, er ist bei normaler Ernährung durch Muttermilch um mehr als grösser als bei dem angestrengtesten Arbeiter.

nothwendige Nahrungsmenge vermindert sich relativ mit dem zunehmenden Alter des, stets bleibt sie aber im Verhältniss bedeutender als für den Erwachsenen.

FORSTER bestimmte für ein wohlgenährtes  $4\frac{1}{2}$  Jahre altes Kind in der täglichen gen Nahrung: 36 Eiweiss, 27 Fett, 454 Kohlehydrate. HILDESHEIM rechnet auf Kinder 10 Jahren im Tage 69 Eiweiss; 24 Fett; 240 Kohlehydrate. C. VOIR berechnet aus der s in sanitärer Beziehung mustergiltigen Münchener Waisenhauses für Kinder im Alter —15 Jahren am Tage: 79 Eiweiss; 35 Fett; 254 Kohlehydrate. Ein Kind von 10—14 wiegt etwa 23 Kilogramm. Der Eiweissverbrauch für einen Erwachsenen beträgt in den etwa 2 Gramm Eiweiss für 1 Kilogramm Körpergewicht, für das heranwachsende  $\approx 70\%$  mehr. Der Fettgehalt der Kindernahrung ist relativ doppelt so gross, als ihn ESCHOTT-VOIR'sche Kotsatz (S. 234, 235) für den Arbeiter fordert.

höheren Alter sinkt schliesslich bei Männern und Frauen ziemlich gleichmässig die arbeit in allen Körperorganen auf ihr relatives Minimum herab, damit sinkt auch der brauch immer tiefer, bis er wieder auf die absolute Grösse herabgekommen ist, wie dern am Ende des ersten Lebensdecenniums. Das Nahrungsbedürfniss eines Indivi- in Altersversorgungshäusern und in Erziehungsanstalten solcher Kinder sind ie gleichen. (Vergleiche darüber noch im Folgenden: Harnausscheidung und Thätig- chsel der Organe S. 243 etc.)

Nahrung mancher niederen Thiere, Holz, Haare, Federn etc., enthält dieselben Gruppen rungsbestandtheile (Albuminate und stickstofffreie Nährstoffe) wie die der höheren

Die Haare werden vorzugsweise nur am weichen Wurzelende angegriffen.

... hat die Frage experimentell erörtert: wo kommt die Nahrung für die ethiere her? G. C. WALLICH hatte die Meinung ausgesprochen, dass den Rhizo- der Tiefsee die Fähigkeit zukomme, aus dem sie umgebenden Medium die elemen- standtheile ihres Körpers abscheiden, d. h. sich nach Art der chlorophyllhaltigen ernähren zu können. MÖBIUS erklärt dagegen, dass nach Allem, was wir über die ung der Thiere auf dem Land und auf dem flachen Meeresboden wissen, wir anneh- issen, dass auch die Ausbreitung der Tiefseethiere hauptsächlich an die Gegenwart



sich von Moderstoffen lebende Thiere, welche dann selbst für andere, welche die M fresser verzehren, zur Nahrung dienen. Ueberall wo man in grossen Tiefen Thiere fand der Boden schlickig.

### Nahrungsbedürfniss, Hunger, Durst.

Die Nahrungsaufnahme, an welche die Fortdauer des Lebens geknüpft ist, wurde den Gesetzen der Natur nicht der absoluten Willkür des Individuums überlassen. Die verwendet zur Sicherung der Erfüllung ihrer Hauptzwecke in der organischen Welt: derhaltung des Geschlechtes und der Erhaltung des Einzelwesens, unwiderstehliche Triebe, welche instinktmässig zu den Handlungen, die dem Naturzwecke entsprechen, antreiben ihre regelrechte Ausübung lehren.

Eine Reihe eigenthümlicher Gefühle, die wir als Hunger und Durst kennen, veranlassen den Menschen, Nahrung zu sich zu nehmen.

Die örtliche Hungerempfindung ist anfänglich auf den Magen beschränkt und scheint durch den Nervus vagus angeregt zu werden. Es sind drückende, nagende Gefühle, mit Bewegungen des Magens, Zusammenziehen, Uebelkeit, Gasanhäufung, später mit Schmerzen verbunden. Der Grund des Hungers liegt zweifellos in gewissen Veränderungen der sensiblen Magennerven, und wahrscheinlich durch die mangelnde Blutzufuhr zum leeren Magen bedingt. Es scheint, dass, sobald die Blutmenge, welche durch die Kapillaren der Magenwand strömt, unter eine bestimmte Grösse in der Zeiteinheit herabsinkt, die dadurch gesetzte Störung der Nervenernährung zum Bewusstsein kommt. Es geht daraus hervor, dass jede stärkere Anfüllung mit Blut, welche die Magengefässe ausdehnt, das Hungergefühl unterdrückt, bei harter Kongestion ebenso wie durch Anfüllung des Magens mit Speisen, welche die Dünndarmnerven reizt und stärkeren Blutzufluss erzeugt. Alles, was die Blutmenge des Körpers überhaupt vermindert, erzeugt normal auch Hunger: Muskelanstrengungen, Stoffverluste (Samen-, Milch-, Eiterverlust), Wachsthum, Ansatz nach Krankheiten. Auch durch gewisse Eingriffe in die chemischen Vorgänge der Nerven kann das Hungergefühl gestillt werden. Vor Allem sehen wir mit diesem Erfolge die Einführung von wissener narkotischer Genuss- oder Arzneimitteln verbunden: Tabak (Nikotin), Opium, Alkohol; vielleicht wirken einzelne dieser Stoffe zugleich darum hungerstillend, weil sie den Blutzufluss zu dem Magen steigern, letzteres ist wenigstens vom Alkoholkonsum, dessen Missbrauch zu chronischer Kongestion der Magenschleimhaut führt, mehr als scheinlich.

Die Betheiligung des Nervus vagus am Hungergeföhle ist durch Vivisectionen noch deutlich nachzuweisen gewesen. Hunde und Katzen fressen auch nach der Durchschneidung des Vagus am Halse noch. Man schliesst auf ihn als Hungernerven, weil er die Empfindungen des Magens vermittelt. Bei hohem Grade von Hunger scheinen sich auch die sensiblen Nerven des Dün- und Dickdarmes mit an dem Hungergeföhle zu betheiligen. Sie vermitteln letzteres allein, wenn durch Behinderung des Magenabflusses der Magen gefüllt ist, aber Nichts in den Darm gelangen kann, wobei dann doch das Bedürfniss der Mehrzufuhr von Nahrung eintritt. Letzteres kann gestillt werden, wenn in den Dünndarm oder Dickdarm Nahrung eingeföhrt wird (TIEDEMANN, BUSCH u. v. A.).

Ein Theil des Hungergeföhls ist ein psychischer Vorgang. Es depressirt den Geist, zur gewohnten Zeit keine Nahrung aufzunehmen. Dass wir es bei dem gewöhnlichen Hunger Gesunder in vielen Fällen nur mit der unbefriedigten Gewohnheit der Nahrungszufuhr zu thun haben, ergibt die Thatsache, dass der Hunger rasch wieder verschwindet, wenn zur gewohnten Zeit keine Speisen genossen wurden. Alle intensive geistige Beschäftigung unterdrückt, wie andere Empfindungen, auch den Hunger. Das Gefühl der Hinfälligkeit bei längerem Hunger ist zunächst weit entfernt, wahre Kraftlosigkeit zu sein. Bei meinen Beobachtungen über den Hunger an mir selbst war das Befinden nach Schluss des ersten Hungertages noch vollkommen ungestört. Nach 44 bis 47 Stunden war nach unruhigem Schlaf



schwere im Kopf, Magendrücken und ziemliches Schwächegefühl vorhanden. Das Nahrungsbedürfniss zeigte sich nicht mehr. Geringe Quantitäten getrunkenen Wassers erregten Brechneigung. Erst einige Stunden nach sehr geringer Nahrungsr Kaffee stellte sich normaler Appetit ein. Das Hungergefühl war nach etwa 80 Stunden am lebhaftesten. Das Verschwinden des Hungers ohne Nahrungsgenuss zeigt, dass die sensiblen Magennerven schliesslich ermüden. Bei längerem Hungern stellt sich wirkliche, immer mehr zunehmende Kraftlosigkeit ein, Abmagerung, Fieber, Irre-, die heftigsten Leidenschaften abwechselnd mit tiefster Niedergeschlagenheit. Der zieht sich zusammen, die Absonderungen werden immer spärlicher: Milch, Speichel, Gift der Schlangen, Eiter der Wunden (krankhafte Sekrete) werden nicht mehr abge-

Die Versuche über die Lebensdauer hungernder Thiere und Menschen ergelass warnblütige Thiere am wenigsten ausdauern. Niedere Wirbelthiere hungern aus-  
 lentlich lange: ein Proteus anguineus lebte 5 Jahre lang in erneuertem Brunnenwasser. Wassersalamander, Schildkröten kann man Jahre lang ohne Nahrung erhalten, Schlana-  
 lbe Jahre (J. MÜLLER); ein afrikanischer Skorpion lebte ohne Nahrung 9 Monate. Vogel  
 5—28 Tage, Hunde 25—36 Tage ohne Speise und Trank. Gesunde Menschen ertragen  
 er und Durst gewöhnlich nicht viel länger als eine Woche, selten mehr als zwei Wochen,  
 e, besonders Irre, viel länger. Bei Wasseraufnahme kann der Hunger länger ertragen  
 en. TIEDEMANN führt Fälle an, in welchen Hungernde, welche Wasser geniessen konnten,  
 d mehr Tage ausdauerten. Monate oder Jahre langes vollkommenes Fasten ist Betrug.  
 be Krankheitszustände setzen aber das Nahrungsbedürfniss ungemein herab; besonders  
 das gewisse Rückenmarksleiden, bei denen vielleicht an das Kaltblütigmachen von  
 uethieren durch gewisse Rückenmarksverletzungen, wie BERNARD gelehrt  
 acht werden darf. Bei alten, sehr wasserreichen Individuen ist das Nahrungsbedürfn-  
 ebenfalls ungemein gering, entsprechend dem sehr verminderten Gewebsumsatz. Sehr  
 würdig ist die Bemerkung MAGENDIE's, dass, wenn man Thiere eine längere Zeit mit  
 zum vollkommenen Ersatz unzureichenden Nahrungsstoffe gefüttert hat, mit dem allein  
 letzt umkommen müssten, sie durch Herstellung ihrer gewöhnlichen Nahrung endlich  
 mehr gerettet werden könnten. Das Thier frässe zwar mit Begierde, doch sterbe es etwa  
 eben Zeit, bei der es bei dem theilweisen Hunger unter der vorigen Nahrung zu Grunde  
 gen wäre. (Weiteres über Verhungern cf. oben S. 220 f.)

Das Durstgefühl, welches uns zur Wasseraufnahme treibt, ist wie das Hunger-  
 hl weder von der Acidität des Magensaftes noch von der Leerheit des Magens abhängig  
 ICHET. Das Durstgefühl besteht in Empfindung von Trockenheit, Rauheit und Brennen  
 blunde, im weichen Gaumen und der Zungenwurzel. Durchtränkung und Befeuch-  
 dieser Partien stillt den Durst, so dass daraus hervorgeht, dass die Durstnerven  
 s? Glossopharyngeus? Trigeninus?) in jenen Schleimhautabschnitten endigen. Der  
 Grund der Erregung der Durstnerven beruht zweifellos in Wasserentziehung aus  
 Nervensubstanz. Sie kann durch allgemeinen Wasserverlust des Blutes durch  
 iss, verstärkte Wasserabgabe in den Lungen oder durch den Harn nach starker Salzzu-  
 dem Blute, welche die Harnabsonderung steigert, nach starken wässerigen Darment-  
 gen eintreten, ebenso aber durch lokale Vertrocknung der dursterregenden Schleim-  
 schnitte. So kann analog der Durst wie durch örtliche Befeuchtung des Rachens auch  
 directe Einführung von Wasser ins Blut, z. B. durch Einspritzen, gestillt werden.

Es schien früher unerklärlich, warum im Hungerzustande endlich das Bedürfniss nach  
 keitsaufnahme schwindet. Abgesehen von der lokalen Einwirkung auf die Magen-  
 haut ist hier aber an die Thatsache zu denken, dass durch Hunger die Gewebe was-  
 ichter werden, wie C. Voit an Katzen, ich an Fröschen gezeigt haben.

Im Nahrungsbegehren steht entgegen das Gefühl der Sättigung und zuletzt das des  
 des Abscheues vor Nahrungsaufnahme, verbunden mit antiperistaltischen Magenbe-  
 des Magens führen können: Erbrechen.

Das Gefühl der Sättigung ist sowohl ein lokales als ein allgemeines. Das besteht in einem leichten Druckgefühl, von dem gefüllten Magen auf die Bauchdecken und das Zwerchfell hervorgebracht. In allgemeiner Beziehung äussert sich die Sättigung in der Kraft, verbunden mit Heiterkeit und Bonhommie. Die Uebersättigung ist da eine krankhafte Erscheinung wohl zu trennen: sie zeigt sich in vermehrtem, empfindlichen Magendrücken und im Gefühl der Völle, allgemeiner Abgeschlagenheit, Müdigkeit, Unlust an Bewegungen und geistigen Beschäftigungen, Missmuth. An einer früheren Stelle wurde diese Erscheinungen erwähnt und auf die Anwesenheit gewisser Stoffe: Ermüdungsstoffe, welche im Blute zurückgeführt (Milchsäure, Kalisalze etc.), welche in geringen Mengen erregend, in grösseren ermüdend wirken. Mit dem Gefühl der Sättigung hört das Verlangen nach Nahrungsaufnahme auf; bei Uebersättigung erregt die Erinnerung an Speisen durch Geruch ein Ekelgefühl, das bis zur Brechneigung steigen kann. Es scheint, dass dieses Gefühl des Ekels, das deutlich vom Magen ausgeht, theilweise in einer Ueberreizung der Nerven durch übermässige Blutzufuhr beruht. Bei der Darreichung von Tannin oder Stibiat in brechenenerregender Dosis, auch subkutan eingespritzt, tritt eine bedingte Blutkongestion gegen die Magenschleimhaut ein, die (bei Fröschen) bis zum Bluterguss aus dem Magen steigen kann. Für diese Annahme spricht auch, dass sich das Gefühl der Sättigung, der Uebersättigung, des Ekels eines aus dem andern ohne scharfen Uebergang entwickelt, alle aus derselben Ursache in verschiedener Stärke einwirkend erklärt werden müssen. In anderen Fällen beruht das Ekelgefühl, wenigstens die Brechneigung, sicher auf reflektirten Reizen. Kitzeln der Rachenhöhle, Schleimanhäufung an dieser Stelle, gewisse Gerüche und Geschmackseindrücke etc. wirken auf diesem Wege.

Man nimmt an, dass der Genuss einiger besonderer Speisen Hunger erregen kann. Man hat diesen Vorgang bisher meist missverstanden. Da das Verschwinden des Hungerfühles unter Umständen auf einer Art von Halbparalyse der Hungernerven beruht, so kann der Hunger in diesem Falle dadurch erregt werden, dass durch anfänglich normale Lebensreize die Erregbarkeit der Nerven wieder erhöht wird. Beispiele liefern u. A. Beobachtungen bei Hunger S. 249. Jedem ist bekannt, dass bei gesundem Hunger nach dem ersten Bissen der normale Appetit nicht abnimmt, sondern steigt. So ist die Anreizung durch gewisse leichtverdauliche und die Magenthätigkeit anregende Gerichte, wie Austern, zu verstehen.

### Untersuchungsmethode.

Die Methode ist schon oben im Allgemeinen skizzirt worden (S. 246 f.).

Auf die Umsatzverhältnisse im thierischen und menschlichen Organismus kann man rückschliessen vor Allem aus den beobachteten Quantitäten der den Körper durch die Atmungsvorgänge verlassenden Stoffe. Schon LIEBIG hatte den Satz ausgesprochen, dass dem Umsetze stickstoffhaltiger Körperbestandtheile entstammender Stickstoff im Harn wiedererscheine, dass wir in dem Stickstoffgehalt (Harnstoffgehalt) des Harnes demnach ein Maass für diese Umsetzungen haben. Durch die Arbeiten von BISCHOFF, PETTENKOPFER und andern, auf welche sich das in dem vorstehenden Capitel Angegebene, abgesehen von meinen Untersuchungen, vor Allem stützt, ist dieser Satz für den Fleischfresser (Hund) bestätigt worden, von letzterem Autor noch für andere Thiere, Katzen, Taube; von HENNEBERG für Ochsen und mir für den Menschen. Wir haben also in der Bestimmung des Stickstoffs im Harn ein Mittel, welches LIEBIG die bekannten leicht auszuführenden Bestimmungen des Harnstoffes in den Harn als Gesamtstickstoff schuf, ein Mittel, den Eiweissverbrauch im Körper zu kontroliren. In der Harn dazu natürlich für die Beobachtungszeit vollkommen gesammelt und untersucht werden muss.

Der grösste Theil des Kohlenstoffs, der in den zersetzten stickstoffhaltigen Bestandtheilen enthalten war, geht als Kohlensäure in der Respiration weg. Ein geringer Theil verlässt den Körper im Harn. Aus der Menge des Kohlenstoffs der Respiration, der in Respirationssapparaten aufgefangen werden kann (für Menschen und grössere Thiere mit dem

apparate von M. v. PETTENKOFER), kann man ersehen, im Vergleich mit der während derselben Zeit ausgeschiedenen Stickstoffmenge, ob die erstere z. B. allein von Eiweiss und anderen stickstoffhaltigen Körperstoffen oder neben diesen von stickstofffreien: Fett u. a. kommen könne.

Die Einheit der Untersuchungsperioden ist gewöhnlich ein Tag = 24 Stunden.

Bei den Versuchen kommt selbstverständlich Alles auf Genauigkeit der quantitativen und qualitativen chemischen Bestimmungen der Nahrungsstoffe und Exkrete an.

Aus dem im Text Mitgetheilten geht das Uebrige zur Genüge hervor.

Auf Ansatz von Eiweissstoffen, als Repräsentanten aller stickstoffhaltigen Körperstoffe, schliesst man gewöhnlich, wenn im Harn und Koth weniger Stickstoff erscheint, als in der Nahrung gereicht wurde; auf Abgabe, wenn in den Sekreten mehr auftritt, als in den Nahrungsstoffen enthalten war, oder wenn, wie im Hunger, der Organismus im Harne Stickstoff abscheidet, ohne dass er überhaupt von Aussen Nahrung erhalten hätte.

Analog ist es bei dem Fett, auf dessen Verbrauch im Hunger man schliesst, wenn mehr Kohlenstoff ausgeschieden wird, als der aus dem Stickstoffgehalt des Harnes gerechneten Eiweisszersetzung entspricht, z. Th. stammt der Kohlenstoff dann natürlich auch aus den Kohlehydraten des Körpers (Glycogen, Zucker etc.). Aehnlich ist es bei Nahrungsaufnahme, wo auch der Vergleich des Kohlenstoffgehaltes der Nahrung mit dem der Ausscheidungen ergibt, ob ein vollkommener Ersatz durch die Nahrung oder eine Mehrabgabe von Körperstoff oder ein Stoffansatz stattgefunden habe. Die bei den Ernährungsversuchen gegebenen Beispiele dieser Berechnung werden das Princip anschaulich gemacht haben.

Für den Arzt kann es vom grössten Interesse sein, den Umsatz der Körperstoffe unter verschiedenen Umständen bei Gesunden und Kranken, bei wechselnder Nahrung und Arznei etc. einer Untersuchung zu unterwerfen. Man begnügte sich vor den BISCHOFF-VOIR'schen Untersuchungen meist damit, den Harnstoffgehalt nach der LIEBIG'schen Methode (siehe Harn) zu bestimmen. So werthvoll derartige Bestimmungen z. B. für den Umsatz bei Hunger, im Hunger etc. geworden sind, so können über die Mehrzahl der betreffenden Fragen doch nur sorgfältig angestellte Untersuchungen aller Exkrete auch die Kohlensäure mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Sauerstoff- und Nahrungseinnahmen zutreffende Antworten ertheilen.

Für die Anstellung solcher Versuche ist zu merken, das frische Fleisch von ungeschlachteten Thieren, das man zuerst mit dem Messer, dann ganz sorgfältig mit der Scheere von dem sichtbaren Fett, gröberem Bindegewebe, Gefässen, Nerven befreit hat, wozu man es in kleine Stückchen zerschneiden muss, nach VOIR einen ziemlich gleich bleibenden Stickstoffgehalt besitzt, so dass jedesmalige Analysen nicht nothwendig sind. Man muss aber das Fleischgewicht, das zur Ernährung dienen soll, roh bestimmen, da das gebratene oder gekochte Fleisch in seinem Stickstoffgehalt Differenzen von mehreren Procenten ergibt, weil der Wasser- und Fettgehalt in den verschiedenen Partien desselben Stückes verschieden wird. Schmalz und Stärkemehl können mit einem Tag altem rindefreiem Weizenbrot (man muss die Rinde abschneiden, die keinen konstanten Wassergehalt hat) als weitere Nahrungsmittel von bekannter Zusammensetzung dienen. Butter schwankt sehr im Casein- und Wassergehalt, Kartoffeln nach der letzteren Richtung. Eiweiss kann auch als Nährsubstanz mit verwendet werden. Es hat nach LEHMANN roh 8,00% feste Stoffe, von denen 42 Albumin sind, das Uebrige sind Extraktivstoffe und Salze. Aus diesen Substanzen setzt man die Kost des Ernährungsobjectes zusammen, indem man das Fleisch mit dem Schmalz in der Pfanne brät und aus Stärkemehl, Eiweiss, Wasser, Salz und Fett eine einfache Mehlspeise: Pfannkuchen oder »Schmarren« bereiten lässt. Die zur Zubereitung der Speisen benutzten Gefässe müssen gut ausgekratzt werden, da es darauf ankommt, alle Stoffe daraus auch wirklich zu erhalten. Die Quantitäten sind oben angegeben. Der menschliche Körper setzt sich mit ausreichender Nahrung in wenig Tagen ins Stickstoffgleichgewicht (VOIR). Ist das eingetreten, wird ebensoviel Stickstoff im Harn und Koth bestimmt, als in der Nahrung enthalten ist, so können nun Einflüsse auf die Ernährungsweise studirt werden. Im Koth, dessen Stickstoffgehalt berechnet werden kann,

muss meist wenigstens eine Wasserbestimmung gemacht werden. Die Methoden der Analyse vergleiche man bei Harn. Den Koth, der auf die Versuchstage trifft, grenzt dadurch ab, dass man mit der letzten Nahrung vor Anfang und Ende des Versuchs Preisbeeren genießt, die im Koth unverdaut abgehen und den auf einen bestimmten Tag fenden Koth erkennen lassen.

Zur Berechnung bei den Ernährungsversuchen dienen die folgenden Tabellen über frische und bei 100% trockene Substanz (BRACHOFF und VOIT, J. RANKE):

	Wasser	Feste Stoffe	Kohlenstoff		Wasserstoff		Sauerstoff		Stickstoff		Säure
			trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht	trocken
Eiweiss, trocken . . .	—	—	54,96	—	7,45	—	21,78	—	15,48	—	0,245
Fleisch . . . . .	75,96	24,10	51,95	12,52	7,18	1,78	24,37	5,45	14,41	3,40	5,89
Brod, schwarz, am 2ten Tag, ohne Rinde	46,35	53,65	45,44	24,36	6,45	3,46	41,63	32,33	2,89	1,28	4,12
Fett (Schmalz) . . .	—	—	79,00	—	11,00	—	10,00	—	—	—	—
Kartoffelstärkemehl (lufttrocken) . . .	45,79	54,21	44,20	37,22	6,70	5,69	49,40	41,35	—	—	—
Harnstoff . . . . .	—	—	20,00	—	6,66	—	26,67	—	46,67	—	—
Harnsäure . . . . .	—	—	35,72	—	2,38	—	28,57	—	33,33	—	—
Koth des Menschen bei reiner Fleischkost (salzfrei) . . .	—	—	54,70	—	—	—	—	—	12,20	—	11,9
Koth des Menschen bei gemischter Kost (im Mittel) . . .	—	—	47,00	—	—	—	—	—	6,12	—	12
Stärke - Fettkoth des Menschen . . . . .	—	—	54,8	—	—	—	—	—	—	—	—

Der Caseingehalt der Butter schwankt zwischen 0,5 und 1,5%, der Wassergehalt zwischen 6 und 8%. Lufttrockener Reis enthält 10% Wasser und 1,3% Stickstoff. Kartoffeln enthalten etwa 75% Wasser und 1,39% Stickstoff in der trockenen Substanz und 3% Salze.

Der Wassergehalt des Menschenkothes ist gewöhnlich 70% für geballten (fester) Koth und nur 63% für breiigen Koth. Wasser

	Wasser:	Eiweiss:	Fett:	
Karpfen . . . . .	79,8	18,6	1,1	W.
Hecht . . . . .	77,5	15,6	0,6	-
Lachs . . . . .	75,7	18,4	4,9	-
Hering, gesalzen . . . .	48,9	17,5	12,7	-
Stockfisch, . . . . .	47,0	31,5	0,4	K.
Schinken, geräuchert . .	—	30,0	32,0	
Fleisch, . . . . .	—	16,0	8,6	
- . . . .	49,1	19,6	10,2	K.
Speck, geräuchert . . . .	—	5,0	80,0	
- . . . .	40,7	2,6	77,8	K.
- . . . .	3,7	4,7	94,5	V.
Rindsleber . . . . .	56,0	16,3	3,2	W.
Kalbsthymus (Bries) . .	76,0	14,0	?	
Blut . . . . .	79,3	19,4	0,2	W.
Hühnereier . . . . .	74,7	18,1	10,4	-
- . . . .	74,4	15,4	12,5	H.
Kuhmilch, ganz . . . . .	87,0	4,0	3,6 und 4,8 Zucker	W.
- . . . .	87,4	4,1	3,9 - 4,2 -	V.
- . . . .	87,2	5,4	3,0 - 3,8 -	H.
Abgerahmte Kuhmilch . .	90,0	4,0	0,5 - 4,8 -	W.
Buttermilch . . . . .	90,3	3,4	1,0 - 5,0 -	-
Molken . . . . .	92,0	0,3	0,4 - 5,7 -	-
Butter . . . . .	42,0	0,3	86,7	-
- . . . .	6,0	0,3	90,0	K.
- . . . .	15,0	—	80,0	H.
- . . . .	7,0	0,9	92,1	V.
Fetter Käse . . . . .	89,0	32,9	25,0	W.
- . . . .	86,8	33,5	24,3	K.
Magerer Käse . . . . .	40,0	43,0	7,0	W.

## . Aus dem Pflanzenreich:

	Wasser:	Eiweiss:	Fett:	Kohlenhydrate: (Stärke, Zucker)	
Weizenmehl . . . . .	42,6	11,8	1,2	75,6	W.
- . . . .	42,5	13,3	—	73,5	H.
Roggenmehl . . . . .	44,0	11,0	1,6	71,9	W.
- . . . .	45,5	12,2	—	71,1	H.
Gerste, geschält . . . .	42,5	10,0	2,0	73,5	W.
- . . . .	41,8	4,7	—	83,8	H.
Hafermehl . . . . .	44,0	14,5	6,0	63,4	W.
- . . . .	44,2	11,2	6,1	68,5	K.
- . . . .	25,0	4,2	3,0	68,7	H.
Mais, geschält . . . . .	42,5	11,0	7,0	67,6	W.
- . . . .	43,4	11,5	—	67,3	H.
Reis . . . . .	48,5	7,5	0,3	73,4	W.
- . . . .	43,1	3,8	—	80,8	H.
Buchweizen, geschält . .	48,0	9,0	1,3	76,5	W.
- . . . .	42,7	2,6	0,9	81,8	K.
- . . . .	45,4	3,8	—	55,2	H.
Hirse, geschält . . . . .	44,0	14,5	3,0	66,5	W.
Weizen-Kochgries . . . .	44,3	11,3	—	69,8	-

	Wasser:	Eiweiss:	Fett:	Kohlehydrate: (Stärkemehl u. Zucker)	
Schwarzbrod . . . . .	86,8	8,5	1,3	52,5	W.
- 1 Tag alt, Krume	46,3	8,3	—	44,2	V.
- . . . . .	40,0	8,0	1,5	49,2	K.
- . . . . .	45,0	6,2	1,4	46,8	ARTMANN
Weissbrod . . . . .	86,5	7,0	0,5	55,0	W.
- Semmel mit Rinde	28,6	9,6	1,0	60,1	V.
Zwieback aus Weizen . .	8,0	15,6	1,3	73,4	K.
- - Roggen . .	12,8	13,1	1,1	71,6	-
Erbsen . . . . .	14,3	22,5	2,5	58,2	W.
- . . . . .	15,5	21,7	—	59,8	H.
Tischbohnen . . . . .	14,5	24,5	2,0	55,6	W.
- . . . . .	17,2	22,6	0,7	55,8	H.
Linsen . . . . .	14,5	26,0	2,0	55,0	W.
- . . . . .	14,4	29,7	—	53,0	H.
Saubohnen . . . . .	14,5	25,0	1,3	56,0	W.
Grüne Garten-Erbsen . .	80,0	6,1	0,4	12,4	-
- Schneidebohnen . .	91,0	2,0	0,2	6,2	-
Weisskraut . . . . .	90,0	1,5	0,3	7,1	-
Sauerkraut, gekocht . .	88,8	1,7	0,3	7,9	V.
- frisch . . . . .	93,5	1,0	0,2	4,6	-
Blumenkohl . . . . .	90,0	2,0	0,6	6,6	W.
Salat und Spinat . . . .	91,7	2,0	0,3	6,0	-
Kartoffeln . . . . .	75,0	2,0	0,3	21,8	-
- - . . . . .	73,9	1,9	—	22,9	H.
Topinambur . . . . .	79,2	2,1	—	?	-
Gelbe Rüben . . . . .	85,0	1,5	0,2	12,3	W.
Riesenmöhren . . . . .	87,0	1,2	0,2	10,8	-
Wasserrüben . . . . .	91,5	0,8	0,1	6,8	-
Mohrrüben . . . . .	86,7	1,7	—	10,6	H.
Steckrüben . . . . .	92,5	0,8	—	6,1	-
Äpfel . . . . .	84,5	0,3	—	14,9	W.
Birnen, frisch . . . . .	80,0	0,3	—	19,2	-
- gedörrt . . . . .	22,0	1,2	—	74,9	V.
Zwetschgen . . . . .	81,0	0,8	—	17,6	W.
Bier . . . . .	91,9	0,3	3,0 Alkohol	4,5	-
- . . . . .	94,0	0,4	0,4	5,2	V.

100 Gramm Ochsenfleisch vom Fleischer besteht nach ARTMANN im Mittel aus: 100 Gramm reinem Fleisch, 8 Fett, 20 Knochen.

Durch das Sieden verliert das Fleisch an Gewicht; 100 Gramm frisches Fleisch geben nach Vorr nur 56,7 gesottenes, es entsprechen daher 100 gesottenes Fleisch frischem, im gesottenen sind 37,70% feste Stoffe, doch ist der Verlust nicht gleich bleibend unregelmässig.

Preise der menschlichen Nahrungsmittel. — J. KOENIG berechnet den Preis 100 Gramm Eiweiss bei animalischer Nahrung (= a) zu 65 Pfg., bei vegetabilischer (= b) 45 Pfg. = 4,3 : 1 ; für 100 Gramm Fett bei a 20 Pfg., bei b 4,5 Pfg. = 4,4 : 1 ; für 100 Gr Kohlehydrate bei b 2,5 Pfg.



## Sechstes Capitel.

# Veränderungen der Nahrungsstoffe in der Mundhöhle.

---

### Verdauung im Allgemeinen.

In den beiden vorausgehenden Capiteln haben wir die Stoffe und ihre alleinigen Wirkungen im Organismus kennen gelernt, aus denen derselbe seine im Kampfe mit der ihn umgebenden Körperwelt verloren gegangenen Bestandtheile wieder ersetzt.

Es liegt uns nun ob, die Art und Weise und den Weg kennen zu lernen, wie die Nährstoffe die ihnen zum grossen Theile an sich nicht zukommende Fähigkeit erlangen, in die Säftemasse des Körpers einzutreten und von hier aus zu den Organen zu gelangen, an denen sie ihre ernährende Wirkung auszuüben vermögen.

Die Organernährung erfolgt vor Allem aus dem Blute.

Es müssen die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe zuerst zu Bestandtheilen des Blutes werden, von dort aus werden sie an die verschiedenen sie bedürfenden Organe abgegeben. Sie treten in den Kapillaren aus dem Blutgefässröhrensysteme aus und beginnen im intermediären Säftestrom eine Wanderung von Zelle zu Zelle. Auf diesem Wege verrichten sie die ihnen zukommenden Functionen: ein Theil wird zur Neubildung verloren gegangener Bestandtheile verwendet, wird also bis zu einem gewissen Grad in dem Blute gebunden zurückgehalten und damit dem lebhafteren Stoffkreislaufe entzogen; ein anderer Antheil wird von den in den Zellen wirkenden oxydirenden Elementen ergriffen und zersetzt und dient so zur Kräfteproduktion des Organes; ein dritter Antheil tritt in die Anfänge der Lymphgefässe ein und kehrt von da zum Blute zurück, um wieder aus ihm den Säftekreislauf von Neuem zu beginnen.

Die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe können nur zum Theil sogleich und ohne weitere chemisch-physiologische Umwandlung zu Blutbestandtheilen werden. Vor Allem vermag dieses das Wasser und ein Theil der in wässriger Lösung aufgenommenen und der in dem Wasser der Verdauungsflüssigkeiten enthaltenen anorganischen und organischen Salze und andere Stoffe wie Alkohol, Zucker, organische Basen etc. Sie werden von den Blut- und Lymphgefässen an jeder Stelle des Verdauungscanales direct aufgesogen.

Nicht alle als Lösungen aufgenommenen Stoffe fallen in die eben besprochene Kategorie. Ein Theil derselben wird durch die chemischen Bestandtheile der Körpersäfte, denen sie nach ihrer Aufnahme begegnen, gebunden und verändert, ohne dass wir hier noch eine eigentlich physiologische Lebenswirkung vor uns hätten. Die alkalische Mundflüssigkeit z. B. verhält sich gegen die aufgenommenen Säuren und sauren Salze ebenso wie eine andere Flüssigkeit derselben Reaktion ausserhalb des Organismus; alkalische Salze werden durch den sauren Magensaft neutralisirt.

Manche in Lösung aufgenommene Stoffe — wie das Casein der Milch — werden erst, ehe sie den lösenden Einwirkungen der Verdauungssäfte unterliegen, durch den Magensaft aus ihrer Lösung ausgefällt.

Auch die in fester Form aufgenommenen Nahrungsmittel verhalten sich den Verdauungsorganen gegenüber wesentlich verschieden.

Ein Theil derselben — die Salze und die meisten krystallinischen Stoffe — lösen sich direct in dem Wassergehalte der Verdauungssäfte, meist schon im Speichel, so dass sie dann die gleichen Verhältnisse darbieten, als wären sie schon gelöst aufgenommen worden.

Ein anderer Theil, vor Allem sind hier zu nennen: das Stärkemehl, geronnenes Eiweiss, das leimgebende Gewebe und der Leim, schliesslich das Fett, sind an sich in Wasser und sonach auch in den Verdauungssäften unlöslich; sie erfahren der Hauptmasse nach erst eine Veränderung, wodurch sie löslich werden, um leicht in die Blutmasse aufgenommen werden zu können. Für die Fettaufnahme bestehen auch Veränderungen der aufsaugenden Organe — der Darmschleimhaut — als Wirkung der Verdauungssäfte, wodurch die Aufnahme ermöglicht wird. Der Gegenstand unserer speciellen Betrachtung sind vor Allem diese letztgenannten Substanzen und ihre Aufnahme in die Säftemasse herbeiführenden Vorgänge.

Die Physiologen pflegen den Vorgang der Stoffaufnahme in den Verdauungsorganen, analog wie andere Stoffaufnahmen im Organismus, als **Resorption** zu bezeichnen. Es soll damit angedeutet werden, dass wir hier keinen nach bekannten physikalischen Gesetzen der Diffusion, Osmose, Filtration etc. einfach erklärenden Vorgang, sondern eine specifische Wirkung des lebenden Organismus und zwar bei den höheren animalen Wesen namentlich des Protoplasmas ihrer Darmschleimhautepithelien vor uns haben. Es heisst aber das Kind mit dem Bade ausschütten, wenn man nun hierbei die Wirkungen der Diffusion, Osmose, Filtration etc. ganz ausgeschlossen denken wollte. Letztere verbinden sich stets in den von uns für lebende Organe erkannten gesetzmässigen Modificationen (cf. S. 130 ff.) mit der activen Fähigkeit der Stoffaufnahme des lebenden Protoplasmas der Darmepithelien, und bis jetzt sind diese modificirten physikalischen Vorgänge fast ausschliesslich, welche eine nähere Analyse gestatten.

Die Verdauung beginnt in der Mundhöhle.

Hier werden die festen Speisen durch die Kauwerkzeuge verkleinert und zerrieben und so vorbereitet mit dem alkalischen Sekrete der Drüsen der Mundhöhle vermischt. Ein zusammengesetzter Muskelmechanismus dient dazu, die gekauten Speisen und die Getränke zu verschlucken und weiter zu bewegen.

was nur zum Theil unter dem Einfluss unseres Willens stattfindet. Durch willkürliche Bewegungen übergeben die muskulösen Organe der Mundhöhle, vor allem die Zunge und Wangen, dem Schlunde den Bissen, der von hier aus dann durch unwillkürliche Muskelactionen in den Verdauungsorganen weiter befördert wird. Die hierbei erfolgenden mechanischen und chemischen Einwirkungen auf die Speisen sind von unserem Willen unabhängig. In seltenen Fällen können wir eine centrale Einwirkung noch nachweisen: es finden sich Verdauungsstörungen durch psychische Einflüsse. Die Stoffe wandern, so weit sie nicht aufgesaugt werden, ohne Zuthun unserer Willkür aus dem Magen in den Darm und erst am Ende des Dickdarmes treten ihre ungelösten und unlöslichen Reste wieder in das Bereich des Willens ein, ihre Entleerung bis zu einem gewissen Grade ein willkürlicher Vorgang.

Man hielt bis vor kurzem ziemlich allgemein an der Ansicht fest, dass die Nahrungsstoffe alle aus dem Nahrungscanal in das Blut durch Diffusion aufgenommen werden müssten. Man stützte sich hierbei auf die Thatsache, dass unter der Einwirkung der Verdauungssäfte Alboide, nicht oder schwer diffundirbare Substanzen in diffundirbare Lösungen, Eiweiss z. B. in Pepton, Stärke in Zucker, umgewandelt werden. Nicht alle Stoffe erfordern jedoch eine derartige Umgestaltung. Die Untersuchungen über den Bau der Darmschleimhaut ergeben theilweise offene Wege vom Darm in die Säftemasse des Körpers, auf welchen, wie man lange weiss (BRÜCKE), z. B. das Fett als feine Emulsion, also nicht durch Diffusion, sondern dem Darm austritt. Angaben von VOIT, FICK u. A. machten es bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, dass auf diese Weise zum Theil auch Eiweissstoffe, ohne in Pepton zerlegt zu sein, aus dem Darm aufgenommen werden können. M. MARCKWALD konnte jedoch eine solche Aufnahme (flüssiges Hühnereiweiss vom Dickdarm aus) für den Menschen nicht bestätigen.

### Uebersicht über den Bau der Verdauungsorgane.

Im Allgemeinen findet sich eine unverkennbare Analogie in dem Bau aller Verdauungsorgane, welche zur Verdauung, zur Bereitung der Verdauungsflüssigkeiten dienen. Die Hauptsache ist bei allen die Schleimhaut — Mucosa — mit ihrem geschichteten Epithel, je nach den Regionen aus verschieden gestalteten Zellen zusammengesetzt, aufgelagert auf eine vorzugsweise aus Bindegewebe und elastischen Fasern bestehende Membran, welche reichlich mit Blut- und Lymphgefässen und Nerven durchzogen ist. In die Schleimhaut finden wir verschiedenartig gestaltete Drüsen eingebettet, welche vielfach als in die Tiefe gehende Einbuchtungen des Epithels anzusehen sind. Sie sind vorzugsweise als Epithelvermehrungen des Epithels zu betrachten; derselben Aufgabe entsprechen die auf die Schleimhaut aufgesetzten zotten- oder fadenförmigen Anhangsorgane: die Papillen oder Zotten, die sich in verschiedenen Formen in grosser Anzahl finden. Auch grössere Drüsen senden ihre Sekrete in von der Schleimhaut ausgekleidete Höhlungen.

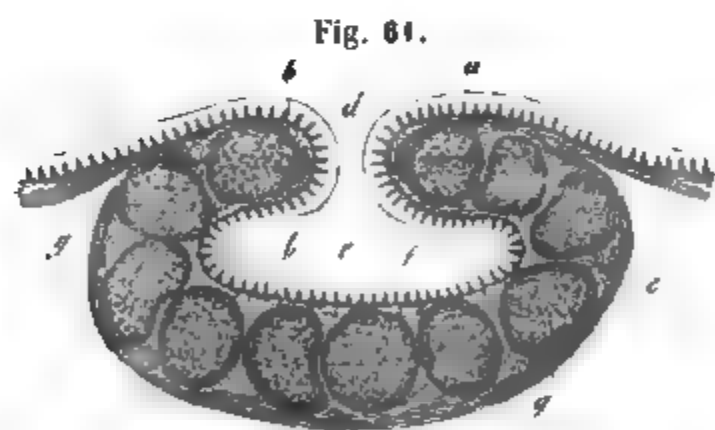
In der Mundhöhle liegt die Schleimhaut dem Knochen und den Muskeln auf. Im Schlunde, dem Anfang des Darmes, beginnt eine mehr regelmässige Muskellage, Muskelhaut, sich unter die Schleimhaut zu lagern; zu Anfang aus quergestreiften, dem Willenseinfluss dienenden Fasern, noch in getrennte Muskel-Individuen zerfallend; am Ende des Darmes treten in dem Schliessmuskel ebenfalls willkürliche Fasern auf. In der ganzen übrigen

Strecke setzt sich die Muskelhaut des Darmes aus glatten Elementen zusammen. Letztere ordnen sich meist zu zwei, am Magen zu drei Lagen, in der einen verlaufen die Muskelzellen in der Längs-, in der andern in der Querrichtung; am Magen kommen noch schiefe Faserzüge dazu. Zwischen Schleimhaut und Muskelhaut findet sich eine Lage von lockerem Bindegewebe: *Unterschleimhautgewebe* — *Submucosa* —. Jene Theile des Darmes, welche in der Bauch- und Beckenhöhle liegen, sind durch eine zarte, nerven- und gefässarme, an der freien Oberfläche mit einem Epithel besetzte Haut: die *seröse Hülle*, bekleidet, welche auch den grössten Theil der übrigen Bauch- und Beckenorgane überzieht.

### Anatomie der Mundhöhlenschleimhaut und ihrer Drüsen.

Die Mundhöhlenschleimhaut ist eine directe Fortsetzung der äusseren Haut, von welcher sie sich an der Uebergangsstelle an den Lippen durch grössere Zartheit und durch ihre bei den weissen Rassen rothe, von ihrem Gefässreichthum herrührende Farbe unterscheidet. Sie ist mit einer grossen Anzahl gedrängt neben einander stehender Papillen besetzt. Zwischen diesen finden sich zahlreiche Drüseneingänge, von denen einige auf grösseren papillenartigen Erhebungen zu Tage treten.

In den Papillen steigen Kapillarzweige empor, um hier ein zierliches Geflecht zu bilden; ein reiches Netz von Lymphgefässen durchsetzt die ganze Schleimhaut. Mit ihnen stehen die zahlreichen *Balgdrüsen* in Verbindung, von denen Brücke dargethan hat, dass sie wie die solitären Follikel und Pustelschen Drüsen als einfachste Lymphdrüsen zu betrachten sind. An der Zungenwurzel bilden sie eine beinahe zusammenhängende Schicht, die oberflächlich liegt, dass sich die einzelnen Drüsen schon mit blossen Augen rundliche, hügelige Erhebungen erkennen lassen. Sie sind linsenförmig gestaltet, von 1—4 mm Durchmesser. Das freie Auge erkennt eine Oeffnung, die in eine trichterförmige Höhle führt, in welche sich die Schleimhaut der Papillen und dem Epithel fortsetzt.



Balgdrüse von der Zungenwurzel des Menschen. *a* Epithel, das dieselbe auskleidet, *b* Papillen, *c* äussere Fläche der Balgdrüse mit der Bindegewebshülle, *d* Höhlung des Balges, *e* Epithel desselben, *f* Follikel in der dicken Wand des Balges. — Vergrösserung 30.

Eine tiefergelegene Schleimdrüse sendet ihren Ausführungsgang in die kleine Höhle und erfüllt sie mit einer graulichen Schleimmasse (Fig. 61). Jede Balgdrüse ist von einer dickwandigen Kapsel umgeben, in welcher eingebettet in zartes, gefässreiches Bindegewebe die Drüsenbälge oder Follikel liegen, 0,2—0,5 mm groß. Im Baue stimmen diese mit den oben erwähnten geschlossenen Darmdrüsen ziemlich überein, ebenso mit den Bläschen der Milz. Für die

genannten Gebilde gilt dieselbe Beschreibung. Sie zeigen eine faserige, ziemlich feste Hülle und einen Inhalt, der theils aus einer alkalischen Flüssigkeit, theils aus geformten Theilen: rundlichen Zellen, Lymphkörperchen besteht. Die

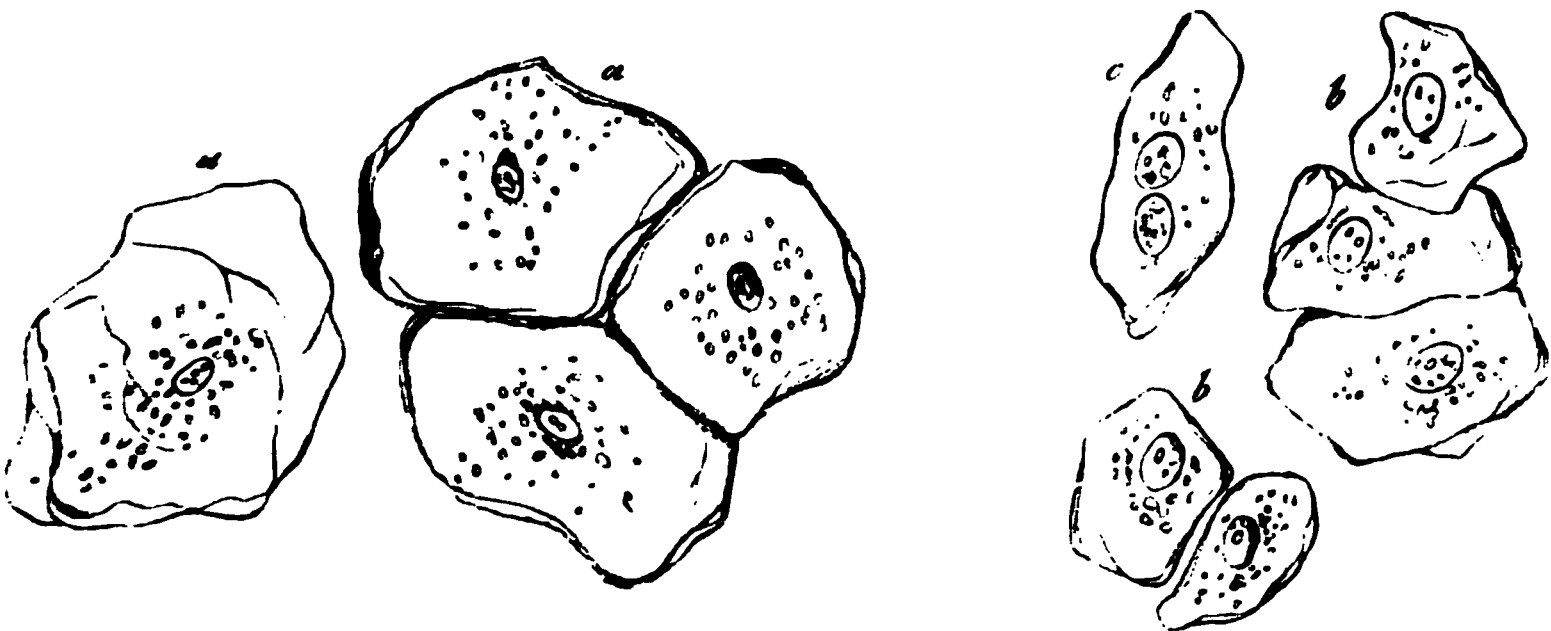
Inhalt liegt in dem Follikel in einem feinen Balkennetze von Bindegewebskörperchen, welches mit der Hülle zusammenhängt und das ganze Innere durchzieht. Die Gefässe der Balgdrüsen sind sehr zahlreich und senden Aestchen in das Innere der Follikel ab, nachdem sie ein schönes Netz um dieselben gesponnen. E. H. WEBER hat zuerst Lymphgefässe von den Drüsen herkommen gesehen.

Die Mandeln oder Tonsillen sind Haufen von 10—20 Balgdrüsen, die mit einander verbunden und mit einer gemeinsamen Hülle umgeben.

Im rothen Theile der Lippen findet sich das von KÖLLIKER entdeckte, reiche Lager von Talgdrüsen.

Das Epithel der Mundhöhle besteht aus übereinander geschichteten unendlichen oder vieleckigen Pflasterzellen. Die oberste Lage besteht aus rund-eckigen, grossen kernhaltigen Blättchen (Fig. 62). In den Zellen ist ein

Fig. 62.



Epithelialzellen der Mundhöhle des Menschen. *a* grosse, *b* mittlere. *c* dieselben mit zwei Kernen, 350 mal vergr.

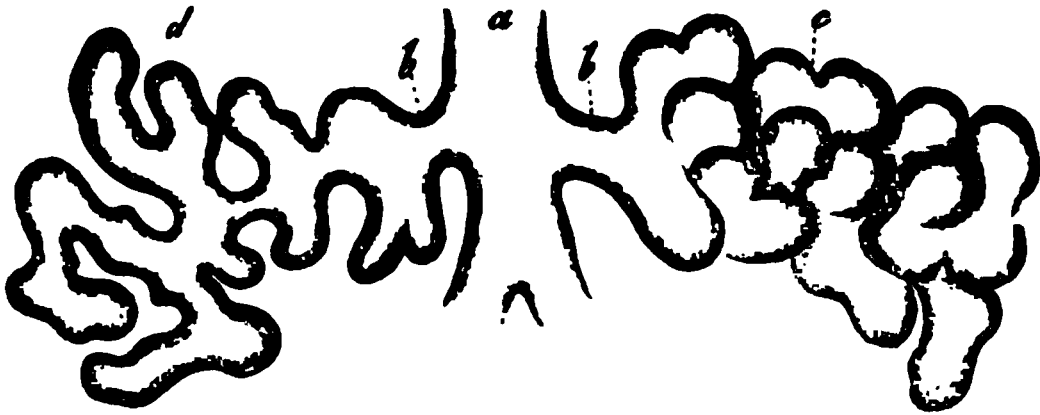
ern nachzuweisen. Beständig werden im normalen Leben die obersten Epithelschichten abgestossen und wieder erneuert, so dass jeder Tropfen Mundflüssigkeit eine Anzahl dieser Zellen enthält.

Die Schleimhaut der Zunge besitzt eine grosse Anzahl von Hervorragungen, die Geschmackswärzchen, welche bei Betrachtung der Zunge als Organ des Geschmackssinnes ihre nähere Besprechung finden werden. Die Ränder der Zunge und der untere Theil derselben weichen auch in Beziehung auf das Epithel nicht von der übrigen Mundhöhle ab.

Direct unter der Schleimhaut des Mundes liegt eine grosse Menge kleiner kugelförmiger Drüsen, jedes mit einem kurzen, geraden Gang in die Mundhöhle sich öffnend. Sie liefern ein schleimiges Sekret: Schleimdrüsen der Mundhöhle. Sie finden sich an manchen Stellen zu grösseren Haufen vereinigt. Um die Mundspalte liegt ein reicher Drüsenring: die Lippendrüsen, *gl. labiales* (cf. oben). An der Innenfläche der Backen die *Gl. buccales*, einige grössere Drüsen um die Ausmündungsstelle des STENON'schen Ganges der Parotis. Die analogen Drüsen des weichen und harten Gaumens tragen den Namen *Gl. palatinae*. An der Wurzel, dem Rande und der Spitze der Zunge liegen in reichlicher Menge die *Glandulae linguales*, die Zungendrüsen. Der mikroskopisch-anatomische Bau dieser Schleimdrüsen kann als

Schema für traubenförmige Drüsen gelten. Der grössere Stamm des Ausführungsganges, welcher auf der Schleimhautoberfläche mündet, spaltet sich in feinere und feinste Zweige, welche letztere an ihrem blinden Ende zu den sogenannten Drüsenbläschen oder Acini anschwellen. Diese Acini sitzen

Fig. 63.



Schema zweier Gänge eines Schleimdrüsenläppchens. a Ausführungsgang des Läppchens, b Nebenast, c die Drüsenbläschen an einem solchen in situ, d dieselben auseinandergelegt und der Gang entfaltet.

ziemlich unregelmässig den feinsten Ausführungsgängen an, zeigen aber doch im Allgemeinen eine rundliche, oder rundlich birnförmige Gestalt (Fig. 63). Die feinsten Gänge und die Bläschen besitzen eine gleichartige, structurlose Hülle, eine Membrana propria, besetzt mit einfacher Schicht eckiger Epithelzellen, welche in ihrem zähflüssigen Protoplasma, ausser vielen fettähnlichen, theilweise gelblich gefärbten Körn-

chen, durch Essigsäure gerinnenden Schleimstoff erkennen lassen. Die einzelnen Drüsenläppchen sind durch zartes blutgefässreiches Bindegewebe zusammengehalten. An den Ausführungsgängen finden sich in dem Bindegewebe elastische Fasern. Das Epithel der Ausführungsgänge ist von dem der Mundhöhle und der Drüsenbläschen verschieden, es besteht aus Cylinderzellen.

Der gröbere und mikroskopische Bau der grossen, in die Mundhöhle Sekret ergiessenden Speicheldrüsen, der Glandulae salivales: Parotis, Submaxillaris, Sublingualis und der Rivini'schen Drüse stimmt im Allgemeinen mit dem eben beschriebenen der Schleimdrüsen überein. Der Hohlstamm des Ausführungsganges ist ihrer Grösse entsprechend weit und lang und sehr vielseitig verästelt. Er zeigt ebenfalls ein Cylinderepithel. Am Ductus Whartonianus der Submaxillaris finden sich glatte Muskelfasern unter dem Epithel und einer Doppellage von elastischen Häuten.

Die Blutgefässe der Speicheldrüsen umspinnen die Drüsenbläschen reichlich. F. BOLL fand bei seinen Untersuchungen der Binde substanz der Drüsen, dass jeder Acinus (der Submaxillaris bei Kaninchen von verästelten Zellen (retikulärem Bindegewebe) umgeben ist. Diese Zellen umspinnen den Acinus in einem reichen Netze, indem ihre vielfach verästelten Ausläufer zahlreiche Anastomosen eingehen und sehr zarte Fortsätze zwischen die einzelnen Epithelzellen des Alveolus entsenden.

Das Nervengewebe der Speicheldrüsen besteht aus Ganglienzellen und Fasern, letztere aus markhaltigen, welche die Hauptmasse darstellen und blassen Nervenfasern (PFLÜGER). Wie PFLÜGER fand, theilen sich die erstere Fasern in peripherischer Richtung sehr vielfach, so dass zwischen den Alveolen wahrhaft gefiederte markhaltige Nervenprimitivfasern liegen.

Das Verhalten der Nervenendigungen in den Speicheldrüsen ist durch PFLÜGER untersucht worden. PFLÜGER behauptet einen directen Zusammenhang der Nerven mit den eigentlichen Drüsenzellen, den Epithelzellen der Alveolen. Die Art der Verbindung zeigt sich nach seinen Untersuchungen verschieden, was mit der Verschiedenheit der Nervenbahnen



welche die Speicheldrüsen innervirt werden, zusammenhängen mag. **DONDERS** hatte in den Nerven des Pferdes eine deutliche Verzweigung von Nervenfasern gesehen, die **KRAUSE** bis zu den Alveolen verfolgte. Die Fasern treten nach **PFLÜGER** durch die *Membrana propria* hindurch, mit der ihre Hülle verschmilzt, verästeln sich, noch markhaltig, zwischen den Drüsenzellen in deren Inneres sie eindringen, um dort mit einer knotenförmigen Anschwellung, dem Zellkern der Drüsenzelle, zu endigen. Ein Theil der in die Speicheldrüse eintretenden Nervenfasern senkt sich zuerst in kleine, mit vielen Ausläufern versehene Zellen ein: Ganglienzellen (**KRAUSE**, **PFLÜGER**), welche nicht zwischen den eigentlichen Drüsenzellen, sondern innerhalb der *Membrana propria* liegen. Kurze Ausläufer dieser Zellen sah **PFLÜGER** in die Alveolen der Drüsenzellen eintreten. Vielleicht ist auch für die übrigen Speichelnerven ein solches ganglienzellenartiges Zwischengebilde vorhanden. Das, was **PFLÜGER** als solches bezeichnet, stellt eine Anhäufung von Nervenzellenprotoplasma von geringer Individualisirung dar, wie es scheint, innerhalb der Alveolen. Es ist wahrscheinlich (**PFLÜGER**), dass die Ganglienendigung den sympathischen, die freie den cerebrospinalen Nervenbahnen entspricht.

Nach den weiteren Angaben **PFLÜGER**'s tragen die in die Cylinderzellen der Speichelröhren endenden Axencylinderfibrillen an ihren freien Enden kleine Kölbchen, welche mit der Zeit zunehmen, bis sie sich deutlich als Zellkerne charakterisiren, von spärlichem Protoplasma umgeben. Diese Gebilde wachsen allmählig zu Speichelzellen einer neuen Alveole aus, die durch partielle Abschnürung aus der durch die Zellenwucherung verdickten Wand des Speichelrohrs hervorgeht. In den bereits ausgebildeten Alveolen sah nach **PFLÜGER** auch markhaltige Fasern. Der Nerv soll da, wo er die *Membrana propria* durchsetzt, plötzlich sein Mark verlieren, mit der Speichelzelle in Verbindung treten, in feinste Fibrillen sich auflöst, die mit dem Protoplasma (den Fibrillen desselben) in Verbindung treten. **S. MAYER** konnte die Existenz eines Kernfortsatzes in den Epithelien des Unterkiefer-Submaxillaris bestätigen, der hier und da auch Verbindung zwischen den benachbarten Nachbarzellen herstellen kann. **W. KRAUSE** sah in der acinösen Backendrüse des Menschen (und dem Pankreas der Katze) noch andere Endigungen markhaltiger Nervenfasern innerhalb des eigentlichen Drüsenepithels. Sie sollten hier in »Endkapseln« und in kleinen runden Körperchen endigen.

## Absonderung der Speicheldrüsen.

### Zur Theorie der Drüsenabsonderung und Muskelreizung.

Die Absonderung der Drüsenzellen ist der Effect einer directen Nervenreizung, wie die Contraction der Muskelfaser. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass der primäre Erfolg der Nervenreizung in Muskelfaser und Drüsenzelle der gleiche ist: in beiden scheint er ein electrolytischer zu sein. Es werden unter der electrolytischen Einwirkung der Nerven primäre Zelleninhaltsstoffe sauer (und alkalisch) reagirende Zerlegungsstoffe frei. Erst die Wirkung dieser Zerlegungsprodukte, Reize auf die Drüsenzelle und in der Zelle, ist die Drüsenabsonderung oder die Muskelaktion. Die Zerlegungsprodukte des Muskelzelleninhaltes, die unter der Einwirkung der Nervenreizung frei werden, scheinen vor Allem Säuren: Milchsäure, Phosphorsäure, die wirken theils für sich, theils in Verbindung mit Kali als Reize auf contractile Substanz ein, gerade so, wie wir auch durch künstliches Zusammenbringen dieser Stoffe mit dem Muskel Contraction hervorrufen können. Aehnliche Zerlegungsproducte werden unter der Einwirkung der Nervenreizung auch in den Drüsenzellen frei gemacht, andere nach der anderen Zusammensetzung

der Zellen. In den Magendrüsen sehen wir wie im Muskel eine Säure — Salzsäure — auftreten. Es wäre nicht undenkbar, dass in anderen Zellen ein alkalischer Stoff schliesslich der Chemie der Zelle gemäss das Uebergewicht über die anderen Zelleninhaltsstoffe erhält, doch lehren die unten folgenden Beobachtungen, dass auch hier das Protoplasma bei seiner Thätigkeit eine saure Reaktion annimmt.

Unter der Einwirkung besonders von Säuren, aber auch von Alkalien werden die Diffusionsverhältnisse der Zellen auf das Wesentlichste geändert; sie lassen nun Stoffe durch-, herein- und heraustreten —, denen sie bei ungeschwächter Lebensenergie den Durchtritt entweder ganz verwehren oder doch nur sehr spärlich gestatten. Unter der Einwirkung der Säuren und Alkalien im Protoplasma kann also eine reichliche Drüsenabsonderung aus den Drüsenzellen beginnen, das Blutgefässsystem kann reichlicher Stoffe zur vorläufigen Verarbeitung in die Zelle abgeben, da deren Ansaugvermögen ebenso gesteigert ist, wie ihr Vermögen der Stoffabgabe. Dass hierbei die Anwesenheit von Stoffen mit hohem endosmotischem Aequivalent, z. B. Eiweissstoffe, in den Drüsenzellen von grosser Bedeutung ist (PFLÜGER), ist verständlich.

Dass aber in der Drüsensubstanz während des Reizzustandes Zersetzungen und Oxydationen statthaben und zwar im gesteigerten Maasse, beweist wohl die Beobachtung LUDWIG's, dass die absondernde Drüse sich um  $4,5^{\circ}$  C. erwärmt im Vergleich gegen die ruhende. Die supponirte Wirkung der genannten Zerlegungstoffe auf die Diffusion in den Muskelzellen ist als eine Nebenwirkung der Muskelreizung von mir mit aller Sicherheit nachgewiesen. Auch aus dem Muskelschlauche tritt nach der Nervenreizung in Folge der gleichen, hier nachweisbaren Veränderungen, wie wir sie in den Drüsenzellen annehmen, eine bestimmte Menge von Stoffen aus, dagegen füllt sich derselbe mit Flüssigkeiten aus dem umspülenden Blut und der Lymphe oder aus der umgebenden Parenchymflüssigkeit, so dass der Muskelschlauch dann eine gewisse Aehnlichkeit mit einer Drüsenzelle nicht verkennen lässt. Ganz analoges Verhalten habe ich für Nervenfasern, Rückenmark und Darmepithelzellen nachgewiesen (cf. S. 131). Bei dem Absterben bildet sich in den Speichel- und Thränendrüsen, wie im Muskel eine saure Reaktion aus (J. RANKE).

Wenn wir in der oben vorgetragenen Weise meine am Muskel gewonnenen Resultate auf die Drüse übertragen, so hält es nicht schwer, die eigenthümlichen, bisher fast unverständlichen Resultate LUDWIG's zu verstehen, welche die durch Nervenreizung eintretende Steigerung der Drüsenabsonderung von der Nervenwirkung auf das Blutgefässsystem bis zu einem gewissen Grad unabhängig zeigten. Auch wenn der Blutzufluss ganz fehlt, nach Unterbindung der Arterien und an dem abgeschnittenen Kopfe ergibt die Reizung der Drüsennerven (Chord) noch Steigerung der Absonderung der Speicheldrüsen (Submaxillaris). Wir haben es hier mit einer Ausscheidung in Folge chemischer Veränderungen des Protoplasma der Absonderungszellen zu thun, die mit selbständiger Energie verläuft. Bei lebhafter Sekretion (s. LUDWIG) die Temperatur des Speichels um  $1^{\circ}$  höher, als die des zuströmenden Arterienblutes. Reichlicher zur Imbibition dargebotene Stoffe werden aus demselben Grunde reichlicher aufgenommen und ausgeschieden; Blutzufuhr steigert darum normal die Drüsenabsonderung. Den Gedanken aber, dass wir es bei der Speichelabsonderung vielleicht nur mit einer gesteigerten Filtration aus den Gefässen in die Drüse zu thun haben, widerlegt der von LUDWIG geführte Beweis, dass der Druck in dem Lumen des Ausführungsganges der gereizten Drüse höher steigen kann, als der Blutdruck in den blutzuführenden Gefässen, so dass der

nach ein Filtrationsdruck von Seite der Drüsenzellen in das Blutgefäßssystem, nicht aber umgekehrt existiert. Nach E. HEARING u. A. ist die Ursache des hohen Absonderungsdruckes in der Glandula submaxillaris in der Bildung einer Colloidsubstanz, wahrscheinlich Mucin, während der physiologischen Thätigkeit der Drüse zu suchen; diese Substanz bewirkt den hohen Druck durch ihr bedeutendes endosmotisches Aequivalent. Gewiss verbindet sich dieses Moment mit den von uns vorzugsweise betonten.

GIANNUZZI hat unter LUDWIG's Leitung von mir am Muskel gewonnene Resultate über die ermüdende Wirkung von Säuren und Alkalien auch auf die Speicheldrüsen übertragen. Es stellt sich für die beobachteten Fälle eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen dem Drüsen- und Muskelgewebe in dieser Beziehung heraus. GIANNUZZI war im Stande, die Drüse durch Einspritzen von Säure (Salzsäure) und von kohlensaurem Natron zu ermüden, so dass keine Sekretion mehr stattfand, obwohl die Drüsennerven gereizt wurden. Die Ermüdung der Drüse ging bei seinen Versuchen ebenso ein Reizzustand, wie dieses am Muskel der Fall ist, voraus, so dass, wenn die Einspritzung nicht genügte, um die Sekretion nachfolgendem Nervenreiz nicht eintreten zu lassen, nun auch ohne weitere Reizung die Drüsenabsonderung begann. Es zeigen diese Versuche, wie vollkommen analog wir den Chemismus in Muskel und Drüse uns denken dürfen in Beziehung auf die besprochenen Verhältnisse. Es geht diese Analogie noch weiter aus der von GIANNUZZI beobachteten Thatsache hervor, dass die Drüse ebenso ermüdet, wie der Muskel, wenn ihr, auch bei sonst reichlicher Anwesenheit von flüssigem Material zur Speichelbildung, der arterielle Blutzufuss, d. h. der Sauerstoff, abgeschnitten wird (analog dem Versuche STENSON's am Muskel).

Zu den Untersuchungen über den Modus der Ausscheidung aus den Drüsenzellen, früher zunächst nur an den einzelligen Drüsen angestellt waren, sind in der letzten Zeit Beobachtungen von STRICKER und LANGER an den Zellen der menschlichen Milchdrüse hinzugekommen. Auch über den Sekretionsmodus der Speichelzellen haben wir, durch HEIDENHAIN und in neuester Zeit durch PFLÜGER und A. EWALD, erwünschte Aufschlüsse erhalten. HEIDENHAIN hat nachgewiesen, dass das mikroskopische Bild der gereizten und ruhenden Drüse wesentlich verschieden ist, worauf zuerst PFLÜGER gelegentlich der Präparationsmethoden aufmerksam gemacht hatte. Die Speichelzellen der ruhenden Drüse sind mit schleimig degenerirten Massen erfüllt, während die Zellen in den Alveolen der gereizten Drüse einen reinen Protoplasmainhalt zeigen, wie sie ihn auch in jedem Alveolus der ruhenden Drüse in einer halbmondförmigen Randzone zeigen (Halbmond GIANNUZZI's und HEIDENHAIN's). EWALD erklärt diesen Unterschied daraus, dass die »Schleimzellen« der ruhenden Drüse ihren Schleim bei der Reizung verlieren (auspressen) und sich in »Protoplasmazellen« umwandeln. Es geschieht das dadurch, dass das um den Kern zusammengeballte und mit ihm am Rand der Zelle gedrückte Protoplasma der Schleimzellen, den Schleim verdrängend, mit dem Kern vom Rand aus nach der Zellenmitte ausbreitet. Central- und Randzellen, Schleim- und Protoplasmazellen sind nur verschiedene Zustände derselben Zellen. Die Zelle geht bei der Sekretion nicht zu Grunde, sondern presst ihren Inhalt aktiv aus. Dieses Auspressen wird wahrscheinlich wie bei dem Muskelprotoplasma eingeleitet durch eine häufige Anquellung des sauer gewordenen Protoplasmas, so können wir uns die Ausbreitung erklären. Dass in der betreffenden Periode das Protoplasma sauer ist, geht aus der Beobachtung hervor, dass es sich dann mit Carmin färbt (EWALD u. A. cf. oben S. 93). Im sogenannten Sympathicus-Speichel finden sich die ausgepressten Schleimklümpchen vor, die offenbar aus den Speichelzellen stammen.

### Reizung der Speicheldrüsennerven.

Die Verhältnisse des Blutlaufes in der ruhenden und der secernirenden, arbeitenden Drüse sind durch CL. BERNARD, LUDWIG u. v. A. untersucht worden.

Die reichlichen Blutgefäße stehen unter einem doppelten Nervenfluss. Wie bei allen Blutgefäßen wird die Weite ihres Lumens von dem Reiz zustande des Sympathicustheils, der seine Fasern zu ihnen sendet, bestimmt. Seine Reizung bewirkt Verengung des Gefäßlumens, seine Lähmung Erweiterung desselben. Ebenso ist es bei den Gefäßen der Speicheldrüsen. Auf elektrischen Reiz des Sympathicus verengern sich die Gefäße und es fließt Folge davon das Blut spärlicher durch sie hindurch und gelangt sehr dunkel in die Venen.

Die Reizung einer zweiten Nervengattung, die in die Drüse eintritt, wirkt in entgegengesetzter Weise; sie erweitert die Gefäße, das Blut strömt sehr rasch und reichlich, noch hellroth in die Venen ab, welche dann spritzen und sogar den Puls in sich wahrnehmen lassen, so dass das Blut rhythmisch beschleunigt wie aus einer Arterie aus ihren durchschnittenen Enden herausfließt. Diese zweite Nervengattung verläuft im Facialis und Trigeminus. Durch den Nervus petrosus superficialis minor des Facialis, das Ganglion oticum und den Auriculotemporalis des Trigeminus kommen die Nerven zur Parotis. Der Sublingualis und Submaxillaris führt die Chorda tympani des Facialis zuerst an den Lingualis (Trigeminus) sich anlegend, wodurch der Truncus tympanico-lingualis gebildet wird, von da wieder abtretend und theils in das Ganglion submaxillare sich einsenkend, theils direct zur Drüse verlaufend, die gefässerweiternden Fasern zu.

LUDWIG hat gezeigt, dass die Reizung dieser Nerven, z. B. auf elektrischem Wege, ausser der Gefässerweiterung auch eine Speichelsekretion der zugehörigen Drüsen hervorruft. Dasselbe geschieht auch auf Reizung des Sympathicus.

CZERMAK entdeckte, dass bei Hunden die aus irgend einem Grunde fehlende Speichelsekretion (z. B. durch Reizung des Lingualis erregt) aus der Submaxillaris durch elektrische Reizung des Sympathicus verlangsamt, ja gänzlich zum Stillstand gebracht werden kann. Dasselbe wird im umgekehrten Sinne behauptet (KÜNE), so dass beide Nerven gegen einander als »Hemmungsnerven« der Speichelsekretion zu wirken scheinen.

Die Gefäßlumensveränderungen und die Menge und Qualität der Drüsenabsonderung stehen in einer nicht zu verkennenden Wechselbeziehung. Auf Reizung des Sympathicus abgesonderte Speichel, »der Sympathicus-Speichel«, ist zäh und dickflüssig, schleimig, reich an Mucin und spärlich an festen Bestandtheilen, der Trigeminus-Speichel ist reichlich und ärmer an festen Bestandtheilen, was mit den Circulationsverhältnissen der Drüse während der Reizung zusammenpasst. Reichlichere Blutzufuhr liefert ein reichlicheres Material zur Absonderung, es muss aber zu dem Materiale stets auch noch die Veränderung in der Drüsenzelle durch Nervenreiz als bedingendes Moment hinzukommen, ohne welches keine Absonderung erfolgen kann (S. 264). Nach längerer Dauer der Reizung des Sympathicus wird die dadurch veranlasste Speichelsekretion immer mehr der bei Trigeminusreizung ähnlich, der Speichel wird ärmer an festen Bestandtheilen, je mehr die Drüse an vorbereiteten Ausscheidungsstoffen verarmt (HEIDENHAIN).

Im normalen Organismus erfolgt die Speichelsekretion unter Nervenfluss reflectorisch vom Magen und von der Mundhöhle aus. Die Erregung

ht im Leben meist durch G e s c h m a c k s r e i z e , welche die Mundhöhlenhaut treffen, dasselbe bewirken an der gleichen Stelle alle Nervenreize:

mit einer Federfahne, chemische Reize durch saure oder alkalische Alkohol, Aether, Pfeffer. Auch bei Kaubewegungen findet eine Absonderung statt, welche nicht sowohl durch Druck der Kaumuskeln Parotis als durch eine bei willkürlicher Erregung der Kaunerven gleichzeitig stattfindende Erregung der Drüsenerven zu erfolgen scheint.

Die durch Säuren reflectorisch erregte Speichelabsonderung liefert dünnen Speichel; Alkalien und scharfe Gewürze einen zähen, dickflüssigen.

ANZUZZI hat zu den S. 263 schon angeführten Beweisen von der relativen Abhängigkeit der Speichelabsonderung von der Blutcirculation in der Drüse noch weiteren hinzugefügt, dass die künstlich »ermüdete« Drüse auf Nervenreiz nicht mehr secernirt, obwohl die Steigerung der Blutzufuhr durch die Gefäße noch erfolgt. Die Drüse wird dann ödematös, es häuft sich in ihr seröse Flüssigkeit an.

Nerveneinflüsse sind vor Allem für die Submaxillardrüse untersucht. Das ausschlaggebende Centralorgan für ihre Thätigkeit liegt wahrscheinlich im Gehirn und im verlängerten Mark. Nach gewissen Verletzungen des Bodens des IV. Ventrikels ECKHARD, NÖLLNER u. A. in Submaxillaris und Parotis die Speichelsecretion aufhört. Die centripetal (dem Gehirn zu) verlaufenden Nerven, welche, reflectorisch erregt, die Thätigkeit der Drüse veranlassen, verlaufen im Glossopharyngeus und wohl auch in Vagus und Vagus. Das Ganglion submaxillare soll nach BERNARD ein Reflexorgan für die Drüsenreizung sein; es enthält Ganglienzellen, deren Erregungszustand die Absonderung der Submaxillar-Drüse hervorruft. Es wäre dieses der einzige Fall, in dem ein Reflexorgan ausserhalb der nervösen Centralorgane, Rückenmark und Gehirn, nachgewiesen wurde. Die Fasern, welche das Ganglion submaxillare reflectorisch (BERNARD) zu wirken vermögen, verlaufen zum Lingualis, gehen aber von da wieder zum Ganglion. Nach Zerschneidung des Trunc. tymp.-ling. sollen andere sensible Reize der Muskelschleimhaut durch Geschmacksschmecke noch Sekretion hervorrufen können. BERNARD's Beobachtung wird be-

stetigt. Speichelabsonderung tritt auch auf mechanische, thermische, electrische, rein chemische Reize, auch bei Brechneigung (vom Magen aus oder direct vom Gehirn?), bei Einwirkung von Speisen in eine Magenfistel (FRERICHS). In normalem Verhalten sondern die Speicheldrüsen (der Hunde, LUDWIG) nur unter Nerveneinfluss ab; ohne denselben steht die Sekretion still. Nach ECKHARD u. A. soll dagegen beim Schaf die Parotisabsonderung eine willkürliche sein. Auch bei dem Menschen scheint sie nie ganz aufzuhören (DONDER), wenn auch im nüchternen Zustand geringer ist, als bei und nach dem Essen. COLIN sah auch bei dem Rinde kontinuierlich absondern, 200—600 Gramm in der Viertelstunde. Zeit nach der Durchschneidung des Trunc. tympanico-lingualis tritt mit beginnender Degeneration der Drüse eine kontinuierliche »paralytische Sekretion« ein, um mit fortgeschrittener Degeneration der Drüse wieder aufzuhören. HEIDENHAIN sucht die Ursache der willkürlichen Absonderung in der Stagnirung des Sekrets in der Drüse. Paralytische Sekretion tritt auch rasch auf nach Zerschneidung des Ganglion submaxillare mit Erhaltung der Nerven des Trunc. tymp.-ling. durchtretenden Fasern (BERNARD), oder bei Vergiftung mit Curare, wenn die sympathischen Fasern gelähmt werden.

Die krankhaften Reizungen der Mundschleimhaut rufen gesteigerte Speichelabsonderung (Speichelfluss) hervor, bei Kindern hat die beim ersten Zahnen einwirkende Reizung der Mundschleimhaut den gleichen Erfolg (Geifern kleiner Kinder).



Bestandtheile des Speichels und seine Menge.

In dem gemischten Mundsaft, dem gemischten Sekrete aller in d Mundhöhle mündenden Drüsen finden sich neben den oben erwähnten abgesto senen Epithelzellen der Mundschleimhaut (Fig. 62) rundliche, klein Zellen: Speichelkörperchen, Schleimkörperchen, die den weissen Blut körperchen gleichen. Sie treten in besonders reichlicher Menge im Speichel den man an der Zungenwurzel abgesogen hat, auf. Diese Zellen sind kugelig gekörnt, kernhaltig. Die im Inhalte der Zelle befindlichen Körnchen zeigen Molekularbewegung. Wir nennen im gewöhnlichen Leben Speichel den gesammten Mundsaft, der allen grossen und kleinen in die Mundhöhle ihr Sekret ergiessenden Drüsen entstammt. Seine chemische Zusammensetzung wird selbst verständlich, da er keine homogene Flüssigkeit ist, schwanken je nach d Quantitäten der beigemischten Speichelarten, die von verschiedenen Drüsen und je nach den Reizzuständen Unterschiede erkennen lassen.

Der gemischte Speichel des erwachsenen Menschen ist normal eine schleimige, fast vollkommen wasserklare Flüssigkeit, nur durch geringe Beimischung von Mundepithelien und Speichelkörperchen wolkig trübt. Seine Reaction ist alkalisch, specifisches Gewicht 1002—1006. Der Gehalt an festen Stoffen schwankt zwischen 5—10 %. Die Hauptmasse d organischen Substanzen macht das Mucin aus, neben den genannten geformten Beimischungen und einer verschwindenden Spur von Eiweiss. Für die Verdauung erhält der gemischte Speichel seine Hauptbedeutung durch das in ihm (auch bei reifen neugeborenen Kindern, ZWEIFEL u. A.) enthaltene, Stärken verdauende Speichelferment: Ptyalin, Speicheldiastase, neben welchem J. MUNCK und KÜHNKE auch Spuren von Pepsin, von Eiweiss verdauendem Ferment nachgewiesen haben. Ausserdem sind im Speichel noch aufgefunden: Harnstoff (PICHAD und RABUTEAU) und häufig Schwefelcyanverbindungen (TREVIRANUS). BRÜCKE gibt als normalen Bestandtheil des Speichels Ammoniak an, stets enthält er etwas salpetrige Säure (SCHOENBEIN). Unter den anorganischen Salzen des Speichels finden sich regelmässig Kalium, Natrium Calcium in Verbindung mit Kohlensäure, Chlor und Phosphorsäure. Auffallend ist der Gehalt an kohlensaurem Kalk, der sich beim Stehen des Speichels in d schönen doppelthbrechenden Krystallen des Kalkpaths abscheidet und hier und da während des Lebens zur Bildung fester Ablagerungen in den Speicheldrüsen gängen: Speichelsteine, Veranlassung gibt. Quantitativ wurde der gemischte Mundspeichel des Menschen vielfach seit BERZELIUS untersucht. Als Beispiel diene eine Analyse von JACUBOWITSCH:

Wasser . . . . .	995,16	
fester Rückstand . . . . .	4,84	
davon lösliche organische Substanzen . . . . .	1,34	} 3,02 organische Stoffe
Epithelien . . . . .	1,62	
Schwefelcyankalium . . . . .	0,06	
Chlorkalium + Chlornatrium . . . . .	0,84	} 1,82 anorganische Stoffe
andere anorganische Salze . . . . .	0,98	

Die Hauptmenge des gemischten Speichels wird von den Submaxillar- und



lingual-Drüsen einerseits und der Parotis andererseits geliefert. Das Sekret der letzteren ist unter normalen Absonderungsbedingungen dünnflüssig, wässrig, das Sekret der ersteren aber zäh, fadenziehend, schleimig. Es deutet (cf. oben) auf eine normale Reizung der Drüsen durch verschiedene Nervenenden hin.

Die reinen Absonderungen der verschiedenen Drüsen unter den verschiedenen physiologischen Bedingungen, z. B. Nervenreiz wurden vorwiegend an Thieren, theilweise auch am Menschen untersucht.

Der Speichel der Submaxillardrüse, welcher auf Reizung der Chorda abgesondert wird: der Trigeminus- oder Chorda-Speichel, ist stark alkalisch, nur manchmal die ersten Tropfen nach langer Drüsenruhe sauer, und besteht meist zu 99,6—99,2% aus Wasser. Der feste Rückstand, die festen, nicht flüchtigen, im Speichel gelösten Stoffe betragen also nur zwischen 0,8—0,4%. Der Gehalt an festen Stoffen steigt höher, wenn die Absonderung in der Zeit eine unbedeutende ist. Die Concentration des Speichels ist im Allgemeinen von der Dauer der Absonderung abhängig, mit der sie langsam sinkt. Eine vollständige Analyse von BIDDER und SCHMIDT vom Hundespeichel aus der Submaxillaris mag die Zusammensetzung veranschaulichen:

Wasser . . . . .	994,45	
fester Rückstand . . . . .	8,55	
	<hr/>	
davon organische Materie . . . . .	2,89	
Chlorcalcium . . . . .	4,50	} 5,66 anorganische Stoffe.
Chlornatrium . . . . .		
kohlensaurer Kalk . . . . .		
phosphorsaurer Kalk . . . . .		
— Magnesia . . . . .	1,16	

Ausserdem finden sich noch in der Asche: schwefelsaures Kali und kohlen-saures Natron.

PFLÜGER hat die Speichelgase des Submaxillarspeichels eines Hundes im Luftabschluss aufgefangen und untersucht, er fand (nach Fleischfütterung): Sauerstoff 0,6%; Kohlensäure: auspumpbare 22,5%, durch Phosphorsäure getriebene 42,2%, totale 64,7%; Stickstoff 0,8%.

Gewisse Substanzen, die abnormer Weise in das Blut gelangten, gehen auch diesem in den Speichel über: so Jod und Brom, dasselbe wird von dem Physiologen HECKSILBER behauptet.

Der Sympathicus-Speichel ist wie der Chorda-Speichel bisher nur vom Hunde untersucht worden. Er zeigt seiner Dickflüssigkeit entsprechend ein höheres specifisches Gewicht, auch seine festen Bestandtheile betragen mehr als die des Chordaspeichels. Er enthält eine ziemliche Menge von Gallertkörpern, die einen Mucin- und Eiweissgehalt erkennen lassen. Der Mucin-gehalt kann hier leicht durch Essigsäure, mit welcher das Mucin herausfällt, nachgewiesen werden; er ist so bedeutend, dass er etwa  $\frac{1}{3}$  des ganzen Speichelvolumens beträgt. Die Reaktion des Sympathicus-Speichels beim Hunde ist alkalisch, die anorganischen Salze sind qualitativ von denen des Chordaspeichels sehr verschieden.

Das Sekret der Submaxillardrüse des erwachsenen Men-

schen wirkt stark verdauend auf Stärkemehl; ZWEIFEL fand dagegen so das Sekret wie den Drüsenauszug von neugeborenen Kindern auf Amylum kommen wirkungslos.

Das Sekret der Sublingualdrüsen stimmt mit dem der Submaxillardrüsen sehr vollkommen überein.

ECKHARD hat vom Menschen durch Einlegen einer Cantile in den Ausführungsgang Parotisspeichel erhalten, den man auch aus zufälligen Speichelfisteln gewinnen kann. Derselbe ist normal ohne Gehalt an Mucin, dagegen enthält etwas durch Kochen fällbares Eiweiss und oft Spuren von Rhodankali (TREVIRANUS, v. PETTENKOFER), das man durch Zusatz von Eisenchlorid, wodurch sich der Speichel roth färbt, durch Bildung von Eisenrhodanid, nachweisen kann. Man behauptete fälschlich, dass das Rhodankalium aus Kariesprocessen der Zähne stamme. LEARED leitet es aus dem Blute ab. Die Reaction Parotisspeichels ist alkalisch, specifisches Gewicht 1006—1009. C. G. MITSCHLICH fand beim erwachsenen Menschen seine Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	985,4 bis 988,7
fester Rückstand . . . . .	14,6 - 16,3
davon organische Stoffe . . . . .	9,0
Rhodankalium . . . . .	0,3
KCl; NaCl; CaCO <sub>3</sub> . . . . .	5,0

Die paralytische Speichelabsonderung liefert grosse Mengen eines wenig concentrirten Speichels.

SALKOWSKI fand in dem bei Stomatitis reichlich abgesonderten Speichel auf 1 Natrium etwa 7 Kali. Die im Tage auf diesem Wege abgegebene Kalimenge betrug 0,7 Gramm.

Bei der Submaxillardrüse ist die Frage, welche Veränderungen das Blut, während es durch die secernirende Drüse fliesst, erleidet, in Angriff genommen. Es bei Chordareizung hellroth, arteriell in die erweiterten Venen einströmt, haben wir erwähnt. Es entspricht dieser veränderten Farbe und vermehrten Geschwindigkeit der Blutbewegung durch die Drüse ein relativ höherer Gehalt des venösen Blutes an Sauerstoff, geringerer an Kohlensäure gegenüber derselben Blutart der ruhenden Drüse. Die Sympathicereizung, welche den Blutstrom verlangsamt und spärlicher macht, lässt das Venenblut daher ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure werden. Es ist klar, dass wir es hier zum Theil mit Veränderungen, hervorgehend aus den Unterschieden der Geschwindigkeit der Blutbewegung, zu thun haben. Nach PFLÜGER wird durch längere Sekretion die Speicheldrüse leichweicher, absolut und relativ ärmer an festen Bestandtheilen und blässer von Aussehen. In längerer Ruhe, d. h. Fasten, treten die umgekehrten Veränderungen ein, und die Farbe mehr gelb. Letzteres soll durch zahllose in den Speichelzellen sich anhäufende Molekulkörnchen bedingt sein. Die Drüse ist dann »geladen«.

Nach alledem können wir die verschiedene Wirkung des Sympathicus und Triger auf die Absonderung der Speicheldrüse uns so erklären: durch beide Nervengattungen wird die Sekretion der Drüse, die aktive Ausscheidung des specifischen Sekretes, mit dem sie »geladen« ist, und das sich vielleicht während der Reizung zum Theil neu bildet, angeregt. Bei der Sympathicereizung »presst« die Drüsenzelle ihren Inhalt aus, ebenso bei der Trigeminusreizung, das Produkt der Sekretion ist aber einmal arm an Transsudationsbestandtheilen (vor Allem Wasser) aus dem Blut und der Lymphe, das andere mal daran reich, nachdem gleichzeitig der Drüse die Aufnahme von Flüssigkeiten durch die Circulation grösserem oder geringerem Maasse ermöglicht ist. Ueber die Erklärung der Druckunterschiede in der Carotis und dem Speichelgang der secernirenden Drüse wurde schon (S. 262) gesprochen. Man darf dabei auch die Bemerkung von DONDEAS nicht vergessen, dass der hohe Druck, den LÖWIG gefunden, kein normaler ist, da nur ein geringer S

stattfinden kann, so lange der Abfluss des Speichels frei ist, und an der Ausflussöffnung der Druck stets = 0. PFLÜGER beschreibt in der Drüse auch glatte Muskelfasern, die am Ausscheidungsdruck betheiligen könnten.

Die Absonderung des Speichels der Parotis wird normal durch reflectorische Ertragung des Reizzustandes der sensiblen Mundschleimhautnerven auf den Drüsenerven der Drüse hervorgerufen. Der Einfluss psychischer Momente auf die Absonderung ist bei keiner Drüse so deutlich wie bei dieser. Nicht nur Vorhalten, sondern schon die Vorstellung, namentlich saurer Speisen lässt ihn oft bei Hungernden in starkem Strahle aus dem Ausführungsgang hervorspritzen.

Nach Unterbindung aller Ausführungsgänge der grösseren Speicheldrüsen kann man das eigentliche Sekret der Schleimdrüsen der Mundhöhle gesondert gewinnen. Dieser Mundschleim ist (beim Hunde) diastatisch unwirksam, enthält eine grosse Menge organischer Bestandtheile: Epithelzellen und Schleim- oder Speichelkörperchen, letztere stammen nach KÖLLIKER vielleicht aus keiner der grösseren Drüsen her, nach DONDERS aus der Sublingualis. Nach PFLÜGER sind sie Produkt einer katarrhalischen Affektion der Schleimdrüsen der Gänge, nach Anderen wandernde Zellen aus dem Blute. Nach BIDDER und SCHMIDT enthält der Mundschleim neben Wasser 100% feste Bestandtheile, von denen mehr als 60% organischer Natur sind, davon treffen 5,3% auf Chloralkalien — Kali und Natron —, der Rest besteht aus phosphorsaurem Natron, Kalk und Magnesia.

Aus allen diesen Sekreten in wechselnder Menge ist der gemischte Mundspeichel zusammengemengt. Seine Gesamtmenge soll nach Umrechnung bei Thieren beobachteter Verhältnisse auf den Menschen zwischen 200–4500 Gramm in 24 Stunden schwanken. Aus einer zufällig entstandenen Fistel des Ductus Stenonianus erhielt MITSCHERLICH beim Menschen im Mittel 80 Gramm Speichel im Tage; für alle Speicheldrüsen zusammen würde das nach VALENTIN etwa 216 bis 316 Gramm geben. BIDDER und SCHMIDT halten die Mengen unter Umständen für viel grösser: 1000–2000 Gramm im Tage. F. TUCZEK bestimmte die von einem erwachsenen Menschen täglich beim Essen ausgeschiedene und verschluckte Speichelmenge zu 500–700 Grm. Jedenfalls wird, mögen diese Angaben noch so ungenau sein, durch die Speicheldrüse dem Blute fort und fort eine bedeutende Flüssigkeitsmenge entzogen, die aber durch das Verschlucken des Speichels wieder in den Blutkreislauf, d. h. in den »intermediären Säftekreislauf«, zurückgelangt.

### Physiologische Wirkungen des Speichels.

Der grosse Wasserreichthum und die jedenfalls sehr bedeutende Menge des Speichels lösen die in den Mund aufgenommenen, in Wasser löslichen Stoffe. Die alkalische Reaktion macht es auch, wie oben erwähnt, möglich, dass auch Stoffe, die an sich in reinem Wasser unlösliche Substanzen sich in ihm verflüssigen.

Der Schleim, welchen der Speichel enthält, macht den Bissen schlüpfrig und damit zum Verschlucken geschickt, und ist zugleich der Grund, dass der Speichel sehr stark schäumt und viel Luft in sich einschliesst, die, mit in den Speichel hinabgeschluckt, sich vielleicht an den Verdauungsprocessen daselbst theiligt.

Die wesentlichste Aufgabe des Speichels für die Verdauung ist die, dass er jene, in jener einleitend genannten, an sich in Wasser unlöslichen Stoffe der Nahrung: das Stärkemehl verdaut, d. h. in den löslichen Zustand überführt. Der frische Speichel hat die Fähigkeit, Stärkemehl in Dextrin und Traubenzucker zu verwandeln.

Hierbei entsteht zunächst ein durch Jod sich rothfärbendes Dextrin (Ery-

throdextrin), aus diesem eine mit Jod sich nicht färbende Dextrinmodifikation (Achroodextrin), dann Zucker.

Aus rohen Stärkekörnern löst der Speichel bei 35° C. die Stärkegranula auf, während die Stärkecellulose ungelöst bleibt. Es ist daher die Speichelinwirkung ein Mittel, um den mit Jod sich sofort bläuenden Antheil der Stärkekörner (Stärkegranulose NÄGELI's) von der Stärkecellulose zu trennen, welche erst bei einer Temperatur von 55° C. vom Speichel gelöst wird. Gegenüber verwandelt er bei Bluttemperatur mit grosser Raschheit gekochte Stärkekleister in Zucker, ebenso alle Stärke, welche, wie dieses bei der Zubereitung unserer aus Stärkemehl bestehenden oder Stärkemehl enthaltenden Speisen stets der Fall ist, einer höheren Temperatur ausgesetzt war.

Diese wichtige Fähigkeit wird dem Speichel durch einen nicht eiweissartigen Fermentkörper (COHNHEIM, v. WITTICH) ertheilt, durch das Ptyalin, Speichelstoff (SCHWANN), die Speicheldiastase. Aus der Speicheldrüsensubstanz konnte v. WITTICH das zuckerbildende Ferment (mit Glycogen ausziehen. Solche Fermente fand er aber auch in geringerer Menge in den meisten Organen: in der Magen- und gesammten Darmschleimhaut, Pankreas, Leber, Nieren, Gehirn, Blut und Blutserum, Galle. PASCHUTIN in der Schleimhaut der Trachea, Harnblase, Gallenblase und des Mastdarms.

Es ist wichtig, dass diese Einwirkung des Speichels oder vielmehr des Ptyalins auf Zucker auch dann noch stattfindet, wenn die Flüssigkeit schon sauer ist. So kann sich die Wirkung des Speichels auch im Magen zum Theil noch fortsetzen (cf. Magenverdauung).

Die Wirkung des Ptyalins wird als eine Fermentwirkung betrachtet, es soll dieser Stoff seine verdauenden Eigenschaften entfalten, ohne selbst zu zersetzt zu werden, so dass eine verschwindend kleine Ptyalinmenge immer neue Quantitäten Zucker zu bilden vermag. Die Ptyalinwirkung verschwindet wie alle Fermentwirkung durch Kochen. Das Ptyalin und damit die Zuckerbildung kommt allen Speichelarten des erwachsenen Menschen zu.

Durch den Nachweis sacharificirender Fermente in vielen Organen und Flüssigkeiten verliert das Vorkommen des Ptyalins im Speichel einen Theil seiner Charakteristiken. v. WITTICH meint sogar, dass das zuckerbildende Ferment dem allgemeinen Stoffwechsel entsomme und nur in einzelnen Drüsen vorwiegend aufgehäuft wird. Wir werden unten noch sehen, dass ein wesentlicher Theil der dem Speichel, z. B. im Menschen zugeschriebenen Wirkungen nach BRÜCKE's Entdeckungen auf Rechnung der Milchsäuregährung zu setzen ist. Nach PASCHUTIN soll das Ptyalin durch seine Wirkung an Wirksamkeit abnehmen, während die durch dasselbe gebildeten Umwandlungsprodukte seine Wirkung nicht stören sollen. Von der Diastase, einem im keimenden Malz enthaltenen Ptyalin wirkenden Stoff, unterscheidet sich letzteres dadurch, dass es schon bei 60° zerfällt, während Diastase bei 60°—70° seine stärkste Wirksamkeit entfaltet. Nach KÜHN soll das Ptyalin am stärksten bei 35°. ZAWILSKI gibt an, dass Dextrine durch Speichel nicht in Zucker umgewandelt werden, Glycogen wird durch ihn nur langsam angegriffen (Sei ohne Wirkung ist der Speichel auf Rohrzucker, Salicin und Amygdalin. O. NASSE findet sich unter Einwirkung des Ptyalins auch Amylum, wie aus Glycogen neben Achroodextrin (cf. S. 82) eine Zuckerart: Ptyalose bildet, deren Reduktionsvermögen Kupferoxyd in alkalischer Lösung nur halb so gross sei, wie das des Traubenzuckers, welche durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zu Traubenzucker werde; hierbei

Hydrolyse von Amylum und Glycogen unter sich und beide von Maltose, dem Produkt der Diastasewirkung, unterschieden.

**Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre.** — 1. Verdauung in der Mundhöhle. Vor Allem wurde die mechanische Seite der Speisezerkleinerung und Vorbereitung zum Schlucken schon im Alterthum aufgefasst. Die Lehrer der Athletik empfahlen ihren Schülern, dass sie, wenn sie anders wollten, dass die genossene Speise ihnen Kraft gebe, diese nicht blos mit den Zähnen zerreißen, sondern mit Musse zerkauen sollten. Die Speicheldrüse erhielt im Verlaufe der Zeit den Namen Parotis, der ursprünglich eine Erkrankung derselben bedeutete (GALEN). Ueber den Speichel, den man mit den giftigen Sekreten der Schlangen verglich, herrschten die abenteuerlichsten Anschauungen. Nach GALEN sollte der Speichel der einen Thierart für irgend eine andere specifisch giftig sein, auch wenn er es für andere nicht ist. So sei der Speichel des Menschen für die Viper ein Gift und umgekehrt. Der Speichel eines Nüchternen könne einen Skorpion tödten, während der Speichel der Viper weder für andere Vipern, noch der des Menschen für andere Menschen giftig sei. Man war zu analogen Behauptungen auch durch die Giftigkeit des Geifers (wie anderer Thierflüssigkeiten) wuthkranker Hunde hingeführt worden. Im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts schreibt noch MAGENDIE dem Speichel nur physikalische Wirkungen zu. Er berechnet als die Veränderungen, welche die Nahrungsmittel im Munde erleiden, drei: Veränderung der Temperatur, Vermischung mit den Flüssigkeiten, welche in den Mund eintreten werden, mehr oder weniger starker Druck und sehr oft Theilung, Zermahlung, welche im Zusammenhang ihrer Theile zerstört. Der Nutzen der »Bespeichelung« wurde darin gesehen, dass der grösste Theil der Speisen, welche der Einwirkung des Mundes unterworfen sind, sich in dem Speichel auflösen oder sich mit ihm ganz oder zum Theil vermischen, wodurch sie zum Verschlucken geeignet werden. Wegen seiner Klebrigkeit nimmt der Speichel anhaftend an. Ob diese ganze Veränderung nur den Zweck hat, die Speisen zur Magenverdauung geeigneter zu machen, oder ob sie im Munde einen Anfang der Assimilation erleiden? »Man weiss nichts Positives über diesen Gegenstand«, sagt MAGENDIE mit dem wissenschaftlichen Bekenntnis des Nichtwissens, der ihn zu einem der bedeutendsten, weil vorurtheilsfreisten Forscher der Physiologie für alle Zeiten macht.

In Beziehung auf den Beginn der Assimilation oder wenigstens auf chemische Einwirkungen durch den Speichel auf die Nahrungsstoffe wollten Andere doch schon Beobachtungen gemacht haben. Man nahm nach den Versuchen von PRINGLE an, dass dem Speichel antiseptische Kräfte zukämen, dass durch ihn Fleisch längere Zeit vor Fäulniss geschützt werde. Nach Anderen sollte der Speichel ein die Gährung, vorzüglich die Weingährung, beförderndes Mittel sein, da man erfahren hatte, dass afrikanische und amerikanische Völker aus Wurzeln und Früchten, besonders Mais, aus denen sie berauschende Getränke bereiten, vorher Speichel zusetzen. Der Speichel sollte Substanzen (besonders Metalle) leicht oxydiren. J. B. SIEBOLD schrieb 1797 eine Monographie über den Speichel zunächst des Menschen in physiologischer und pathologischer Beziehung. Nach seinen und FOURCROY's Untersuchungen und Zusammenstellungen wurde der Speichel schon ziemlich genau in seinem chemisch-physiologischen Verhalten bekannt. HAMBERGER und SIEBOLD bestimmten sein specifisches Gewicht, seine Consistenz, seine Reaktion, die man bei Gesunden für neutral hielt; seinen Eiweiss- und Schleimgehalt; man wies Kochsalz, phosphorsaures Natron und phosphorsauren Kalk nach. Sein Wasserreichthum wurde zu  $\frac{4}{5}$  seiner Menge angegeben.

1780 legte HAPPEL DE LA CHENAYE die erste künstliche Speichelfistel bei einem Pferde an, durch die er in 24 Stunden 42 Unzen Speichel erhielt, den er chemisch untersuchte.

SPALANZANI (1786) und RÉAUMUR wollten gefunden haben, dass Speisen rascher verdaut wurden, wenn sie vorher mit Speichel, als wenn sie mit Wasser durchtränkt waren, welche Wirkung TIEDEMANN und GMELIN auf den Gehalt des Speichels an kohlensaurem, essigsaurem und salzsaurem Kali und Natron beziehen wollten.

Im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts brachten die chemischen und physiologischen Untersuchungen von BERZELIUS über den Speichel noch genauere Aufschlüsse. Von



BERZELIUS wurde die Bezeichnung »Speichelstoff« zuerst gebraucht: er sollte ein eigener Stoff sein, der den Hauptbestandtheil der organischen festen Stoffe des Speichels mache. Physiologisch-chemische Wirkungen wurden diesem Salivin oder Ptyalin wenig zugeschrieben, dass BERZELIUS im Gegentheil behauptete, dass der Speichel an sich aus den Nahrungsstoffen nicht mehr als reines Wasser ausziehe. J. MÜLLER brachte diese Bemerkung für das Fleisch, das er vergleichend mit Wasser und Speichel kochte, geltend.

Im Jahre 1831 entdeckte LEUCHS die Eigenschaft des Speichels, aus Stärkemehl und Zucker zu bilden, was von SCHWANN sogleich bestätigt wurde. Man leitete nun die Wirkung von einem der Diastase des Malzes analogen »Ferment« her, auf das man den BERZELIUS Namen »Speichelstoff, Ptyalin« übertrug. LASSAIGNE und MAGENDIE (1843) suchten die spezifische Wirkung des Speichels anderen thierischen Stoffen gegenüber zu bestreiten, BUNDE und BARRESWIL verlegten die spezifische Wirkung in den Mundschleim, und der Erstere (1847) die Wirkung des Speichels darum als eine minimale betrachten zu müssen; dagegen allein in der alkalischen Reaktion des Speichels suchte (wie VAN STETTEN), so sollte sie im sauren Medium sogleich sistirt werden durch die Einwirkung des sauren Magensaftes. JAKUBOWITSCH achtete, was DONDERS bestätigt, dass dem gemischten Mundspeichel die zuckerbildende Eigenschaft in höherem Maasse zukäme als den einzelnen Speichelarten, dass aber der Mundspeichel an dieser Wirkung keinen Antheil nehme. Derselbe mit FRERICHS, LEHMANN, DONDERS erwiesen, dass auch schwach angesäuerter Speichel noch seine zuckerbildende Wirkung fortsetze, für den Fortgang des Processes im Magen wurde dieser Beweis noch eigens geltend gemacht. Die übrigen wichtigeren, neueren Untersuchungen sind oben erwähnt. BERNARD behauptete fälschlich, dass nur der zersetzte Speichel wirke. Während man früher das »Speichelferment« wie alle anderen Fermente für einen Eiweisskörper hielt, bezweifelt man das jetzt (COHNHEIM). HALLIER wollte den reichlichen mikroskopischen Pilzen der Mundflüssigkeit (unten) die zuckerbildende Rolle zuschreiben, was von BEZOLD widerlegt wurde.

**Zur Entwicklungsgeschichte der Drüsen der Mundhöhle.** — Nach KÖLLIKER werden die Schleimdrüsen der Lippen, Zunge, des Gaumens erst im vierten Monat des Embryonallebens angelegt. In ihren ersten Anfängen sind sie nichts anderes als einfache Sprossen der tieferen Epithelialschichten. Nach demselben Schema scheint die Bildung der Speicheldrüsen zu beginnen, die dann nach den Untersuchungen von E. H. J. MÜLLER, R. WAGNER u. A. in ganz analoger Weise verläuft, wie oben, S. 468, die Bildung der Milchdrüse nach LANGER beschrieben wurde, und zwar bis ins Einzelne. Sie werden in der zweiten Hälfte des zweiten Monats angelegt und schreiten in ihrer Entwicklung rasch so dass sie im dritten Monat, abgesehen von der Grösse, schon ziemlich ausgebildet sind. Zuerst tritt die Submaxillaris auf, dann die Sublingualis, zuletzt die Parotis. Die Tonsillen erscheinen im vierten Monat als einfache Spalten, die sich im Grunde zu kleinen Säckchen mit kleinen Nebenhöhlen erweitern. In der Wand zeigen sich im Bindegewebe Schleimhaut zunächst unabgegrenzte reichliche Zelleneinlagerungen. Die Abschnürung der Follikel ist durch Entwicklung stärkerer Bindegewebszüge um Zellengruppen zu Ende. Im Embryonallebens vollendet (KÖLLIKER). Analog ist die Bildung der Schleimbälge in der Zungenwurzel.

Man behauptete, dass den Neugeborenen in den ersten Lebenswochen keine Speichelausscheidung fehle und damit die Fähigkeit, Stärke im Munde zu Zucker zu verdauen. KOROWIN fand, dass eine wenn auch sehr geringe Speichelmenge schon in den ersten Lebenstagen abgesondert werde (2<sup>cc</sup> pro hora), welche Zucker bildete. Er und KÖLLIKER konnten auch aus der Parotis der Neugeborenen das sacharificirende Ferment darstellen. ZWEIFEL vermisste dasselbe im Extract der Submaxillaris. Speichelmenge und Bildung steigen von der Geburt an. Nach BIDDER und SCHMIDT fände jedoch während der ganzen Säuglingszeit keine eigentliche Speichelbildung statt. Man hat die geringere Speichelbildung bei der Ernährung der Kinder zu berücksichtigen, da sie dadurch zur Mehl-



weniger fähig sind (S. 266), ihr Pankreas erlangt erst mit zunehmendem Alter (bis zum 1. Jahr) seine volle zuckerbildende Kraft (KOROWIN) (cf. unten).

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Grössere Drüsen der Mund-  
 Schleimhaut (GEGENBACH) fehlen den Amphibien und Fischen, bei denen nur zerstreute kleinere  
 Drüsen vorkommen. Bei den Reptilien finden sich grössere längs der Kiefernänder gelagert:  
 Lippendrüsen (cf. unten). Bei den Schlangen bilden die Giftdrüsen ein mächtigeres  
 Drüsenorgan. MITCHELL bezeichnet den »giftigen Stoff« in den Klapperschlangen als Crotalin,  
 das soll durch Kochen und manche chemische Einflüsse seine Giftigkeit nicht verlieren. Bei  
 den Schildkröten treffen wir unter der Zunge auf ein Drüsenpaar, das man als Speichel-  
 drüsen anspricht. Bei Vögeln und Säugethieren finden sich konstant grössere Speicheldrü-  
 sen vor, die zur Bildung einer Mundhöhlenflüssigkeit beitragen und die man als Submaxil-  
 lares, Sublinguales und Parotis bezeichnet. Letztere münden bei den Vögeln im Mundwinkel,  
 die Sekretion ist meist unbedeutend, nur bei jenen Vögeln der Küste des indischen Archipels,  
 welche die essbaren Vogelnester bauen: Collocalia fuciphaga und esculenta, ist während  
 des Nestbaues die Absonderung einer zähschleimigen Flüssigkeit reichlich, welche der Haupt-  
 theil nach aus Mucin besteht (HOPPE-SEYLER). Die bedeutendste Entwicklung und den be-  
 deutendsten Umfang erreichen die Speicheldrüsen bei den auf vegetabilische Kost angewie-  
 senen Thieren, bei denen auch die durch sie abgesonderte Flüssigkeitsmasse eine sehr viel  
 bedeutendere ist als bei den Fleischfressern, bei denen die Drüsen weniger entwickelt sind.  
 Bei den Pinnipediern sind sie noch geringer entwickelt, besonders die Parotis; sie fehlt bei  
 den Cetaceen; auch den Cetaceen fehlen Speicheldrüsen. Die Schleimdrüsen entwickeln sich  
 bei manchen Säugethieren in einzelnen Gruppen sehr bedeutend. Bei manchen Carnivoren  
 findet sich noch eine in der Orbita gelagerte Glandula zygomatica, auf die man bei  
 der Betrachtung über den Mundschleim Rücksicht zu nehmen hat. Bei den Carnivoren — dem  
 Hund — fehlt nach älteren Angaben das Zuckerbildungsvermögen dem Parotidenspeichel  
 gänzlich; die anderen reinen und gemischten Sekrete besitzen es wenn überhaupt nur in  
 geringem Grade. Auch Schwefelcyan fehlt dem Hundespeichel (HOPPE-SEYLER). Hier  
 kommt vor Allem die mechanische Wirkung des Speichels zur Geltung zu kommen, die bei  
 den Cetaceen durch das mit der festen Nahrung aufgenommene Wasser ersetzt wird.  
 SCHWESKY machte die Beobachtung, dass der gemischte Mundspeichel der Herbi-  
 voren (Schaf, Ziege) nur sehr schwach »diastatisch« wirke. Er ordnet die von ihm auf das  
 Zuckerbildungsvermögen ihres Mundspeichels untersuchten Thiere, indem er mit den am  
 stärksten diastatisch wirkenden Speicheln beginnt, in folgende absteigende Reihe: Ratte,  
 Kanarienvogel, Katze, Hund, Schaf, Ziege. Den Parotisspeichel der beiden letztgenannten fand er  
 wirkungslos auf Stärke, was den bisherigen Annahmen widerspricht. Auszüge der  
 Speicheldrüsen gaben ihm aber ein positives Resultat, in Beziehung auf die Stärke der Zucker-  
 bildung blieb die oben gegebene Reihe geltend. Die wässerigen Muskelauszüge fand  
 er aber kaum weniger stark diastatisch wirksam wie die der Speicheldrüsen. Die Frösche  
 besitzen keine eigentlichen Speicheldrüsen, einfache Krypten sondern ein schleimiges Sekret  
 welches nach LÉPINE durch Reizung der Zungennerven vermehrt werden kann und  
 diastatische Wirkung zeigt. Hunde ertragen die Exstirpation aller Speicheldrüsen (FEBR u. A.).

Die Drüsen der Wirbellosen, die man als Speicheldrüsen anspricht, sind von beson-  
 derer Wichtigkeit für den allgemeinen Bau dieser Drüsengattung. LEYDIG theilt die hierher  
 gehörenden Bildungen in drei Gruppen. Die erste umfasst die wirklich einzelligen  
 Drüsen, wie sie bei Hirudineen sich finden. Hier scheint sich die Membran der Sekretions-  
 zelle unmittelbar zu dem oft sehr langen Ausführungsgang zu verlängern. Die zweite Gruppe  
 umfasst die einzelligen Drüsen, deren Zellmembran aber geschlossen ist, sich also  
 nicht in den Ausführungsgang fortsetzt; jede einzelne Sekretionszelle liegt für sich in einer  
 Tunica propria mit Ausführungsgängchen, das in den gemeinsamen Ausführungsgang,  
 das Flimmerepithel zeigt, mündet. Hier haben wir das einfachste Bild einer traubenförmigen  
 Drüse. So bei Helix, Limax u. a. Eine eigenthümliche Modification dieses Drüsentypus bil-  
 det nach der obere Speicheldrüse der Biene. In der dritten Gruppe treten die mehrzelli-

gen Drüsen auf, bei denen eine grössere Anzahl von Sekretionszellen in einer gemeinsam bindegewebigen Tunica propria liegt. Hierher gehören die unteren Speicheldrüsen der Bienen, die Speicheldrüsen der *Paludina vivipara*, *Littorina* u. a., der Pteropoden, Heteropoden, Anthropoden. Eine Art Speicheldrüsen sind auch die Spinndrüsen (Serikterien) der Raupen, deren kolossalen Zellen H. MECKEL die nur bei Insecten (Hautdrüsen und Epidermiszellen des Darms gewisser Raupen) sich findenden verzweigten Kerne auffand. Das Sekret der Spinndrüsen besteht aus einer wässerigen Flüssigkeit und einer elastischen zähen Substanz, die den Faden den Canal des Drüsenschlauchs gerade oder geschlängelt durchläuft (LEYDIG). — Bei den Wirbellosen kommt vielleicht in einigen Fällen schon eine vollkommene Verdauung in der Mund- und Rachenhöhle zu Stande, wofür LEYDIG z. B. die Larve von *Cesthra plumicornis* anführt. Hier kommt das ganze, von der Larve erhaschte und in den Pharynx eingetriebene Thier nicht über diesen Abschnitt des Nahrungsrohres hinaus, in dem eine bestimmte fischreusenähnliche Vorrichtung allen festeren Theilen den Durchgang zum Schlund verwehrt. Es bleibt daher im Pharynx z. B. der verschluckte Wasserfloh so lange liegen, bis seine der Einverleibung fähigen Stoffe von ihm ausgezogen sind. Diese können in flüssiger Form die »Fischreuse« passiren und gehen durch den engen Schlund, und es darf hier wohl mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass bei dieser Vorverdauung im Pharynx das Sekret der Speicheldrüsen, welches sich im Speichelbehälter angesammelt haben kann, eine mitwirkende Rolle spielt; das Chitinskelet des eingewürgten Thieres aber muss wieder durch die Mundöffnung auswandern, wobei eine theilweise oder vollständige Umstülpung des Pharynx erfolgt. Bei den Schlangen nimmt das Sekret der Drüsen der Mundhöhle (Glandulae buccales) eine giftige Beschaffenheit an; bei manchen Insecten, z. B. vielen Hemipteren, hat das Sekret eine reizende Wirkung auf die Wunde. Bei Insecten, bei welchen man obere und untere Speicheldrüsen unterscheidet, ist das Sekret derselben verschieden z. B. bei der Honigbiene (deren Speichel »diastatische« wirkt nach ERLÉNMEYER und v. PLANTA-REICHENOW) scheiden die unteren Speicheldrüsen eine zähe, das Licht stark brechende Materie ab, die wahrscheinlich ein Kittstoff ist, um die aus den Leibesringen schwitzenden Hautstückchen zu verbinden (LEYDIG). Bei den Ameisen scheint auch das Sekret der unteren Speicheldrüsen zum Auskitten ihres Baus zu dienen (H. MECKEL). In dem Speicheldrüsensecret von *Dolium Galea* Lam., einer der grössten Schnecken Siciliens, welches eine farblose, weissliche, stark sauer reagirende Flüssigkeit darstellt, die in Berührung mit kohlensaurem Kalk heftig Kohlensäure entwickelt, fanden BÄDEKER und TROSCHEL 0,4 % freie Salzsäure und 2,46 % freies Schwefelsäurehydrat; ausserdem fanden sie noch 1 % schwefelsaure Salze, 1,6 % Magnesia, Kali, Natron, etwas Ammoniak, Kalk nebst organischer Substanz und 93,8 % Wasser. Die Schnecke vermag diesen Speichel mit grosser Gewalt auszuspritzen und scheint sich desselben auch als Waffe zu bedienen. Physiologisch steht er dem Magensaft näher als dem Speichel, doch ist Pepsin oder ein ähnlich wirkendes Ferment in ihm nicht nachgewiesen. PANCERI und DE LUCA, welche die Angaben für *Dolium* bestätigten, fanden auch bei anderen Schnecken: *Tritonium*, *Cassis*, *Murex*, *Aplysia* u. a. Sekrete mit freier Schwefelsäure.

**Krankhafte Veränderungen des Speichels und Untersuchungsmethoden** finden den Arzt. — Wir haben schon erwähnt, dass gewisse in den Blutkreislauf gelangte Stoffe Jod, Brom etc. im Speichel abgeschieden werden, und zwar im Drüsenspeichel. Ob das bei Quecksilberspeichelfluss in der Flüssigkeit gefundene Quecksilber aus dem Speicheldrüsensekrete stammt oder ob dasselbe nur ein Bestandtheil der bei diesem Process massenhaft abgestossenen Mundepithelien ist, ist noch nicht entschieden. Das Letztere ist wahrscheinlich (KÜHNE), da alle Gewebe Quecksilber in sich binden, so dass man es nach Quecksilberkuren in allen in grösserer oder geringerer Menge nachweisen kann (cf. Leber). Der Speichelfluss hängt bei Quecksilberkuren von dem gereizten Zustand der Mundschleimhaut ab. Auch ohne Quecksilber kann man bei Geisteskranken eine abnorme Steigerung der Speichelsekretion beobachten, die zum Theil auch aus Reizungszuständen der Mundschleimhaut vielleicht (?) aber auch aus Reizung der centralen Nervencentren der Speichelsekretion sich erklären. Auch Jodkalium und andere Kalisalze bewirken Speichelfluss.

In den späteren Stadien fieberhafter Krankheiten ist die Absonderung des Speichels absolut vermindert, seine zuckerbildende Fähigkeit dagegen meist relativ gesteigert. L. G. MITSCHERLICH beobachtete an dem Speichel, der aus einer zufälligen Fistel des Ductus Stenonianus bei einem Menschen abfloss, fast immer saure Reaktion; dasselbe fand MOSLER an dem durch eingelegte Kanülen gewonnenen Parotidenspeichel eines Diabetikers. In Typhus stagnirt der Speichel in der Parotis und nimmt saure Reaktion an. Offenbar handelt es sich hier um eine Erkrankung der Drüse, da Säuren nicht in den Speichel übergehen (KÜHNE). Bei Morbus Brightii und nach Unterbindung der Nieren fand man im Speichel, auch im reinen Drüsensekret Harnstoff. Gallensubstanzen und Zucker (?) gehen nicht in den Speichel über (cf. Sputum bei den Respirationsorganen). Von den Speicheldrüsen war schon oben die Rede; sie kommen im Ductus Stenonianus und Whartonianus vor. Sie bestehen vorzüglich aus kohlensaurem Kalk mit wenig phosphorsaurem und einer organischen Materie: Albuminate mit Ptyalin. Dieselbe Zusammensetzung haben die »Zahnplaque« bei unreinlich gehaltenen Zähnen. Man erkennt das Ptyalin leicht daran, dass man einen gepulverten Stein in verdünnter Essigsäure löst, dann die Flüssigkeiten mit Ammoniak vollkommen abstumpft und sie nun zu gekochter reiner Stärke (die man womöglich selbst aus zerriebenen Kartoffeln als Bodensatz gewonnen, gewaschen und an der Luft getrocknet hat) setzt. Sehr rasch tritt die Zuckerreaktion (cf. Harn) auf. Die Stärke des Handels ist meist schon etwas zuckerhaltig. Die Caries der Zähne soll von saurem Speichel oder Mundschleim erzeugt werden, die saure Reaktion durch Gährungen in der Mundhöhle. In der Mundhöhlenflüssigkeit, im Zahnbeleg, Zungenbeleg, finden sich normal ungemeine Mengen von Spaltpilzen: Leptothrix (HALLIER), kleinste Zellen-Stäbchen und Zellchen. Sie kommen in allen stagnirenden und faulenden animalen Substanzen in grösster Menge vor, im Magen, im Darm, in den Excrementen werden sie niemals vermisst. Sie sind jenen ganz ähnlich, die man vorzüglich bei Wundbrand, Diphtherie etc. findet. Ihre Bedeutung beruht im Speichel und Magen nicht in der Einleitung oder in der Mitbetheiligung an Milchsäuregährung (cf. Magenverdauung, Abbildung bei Harn). Saure Mundflüssigkeit (Milchsäure), wie sie bei Säuglingen durch Unreinlichkeit so rasch auftritt, unterstützt die Entwicklung des Soorpilzes im Munde. Ueber die saure Reaktion der Mundflüssigkeit gibt Lakmuspapier Aufschluss.

## **Siebentes Capitel.**

### **Der Verdauungsvorgang im Magen.**

#### **Schlund und Speiseröhre.**

---

#### **Schlund und Speiseröhre.**

Die Verdauung hat schon an einem der wichtigsten Nahrungsbestand begonnen, wenn der Bissen aus der Mundhöhle dem Schlunde und durch die Speiseröhre dem Magen übergeben wird. Schlund und Speiseröhre üben bei dem Menschen keine verdauende Einwirkung auf die rasch durchpassende Nahrung erkennen. Die Contractionen der quergestreiften, meist noch von Knochenscheidungen entspringenden Muskeln des Schlundes dienen dem Schluckakte.

Die Schleimhaut des unteren Theiles des Schlundkopfes besitzt Plattenepithel und, wenn auch sparsam und wenig entwickelt, Papillen. Der obere Abschnitt des Schlundes — der respiratorische — besitzt Flimmerepithel, während die übrige Schleimhaut der meisten Respirationsorgane und hat mit der Förderung des Bissens Nichts zu schaffen. Der Schlund zeigt in seiner Schleimhaut traubenförmige kleine Schleimdrüsen und Balgdrüsen, die in ihrem Bau denen in den Mandeln entsprechen. An der Speiseröhre tritt der volle Muskelcharakter mehr und mehr hervor. In ihrem oberen Abschnitt zeigt sich die Muskelhaut noch quergestreift und in einzelne Muskeln individualisirt. Je sich die Speiseröhre dem Magen nähert, um so mehr mischen sich glatte Fasern ein, aus denen am Ende wohl die ganze Muskelhaut besteht. Die Schleimhaut der Speiseröhre zeigt wie die des Schlundes noch Papillen und ein ziemlich festes Pflasterepithelium, sowie traubenförmige Schleimdrüsen.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Der Schlund und die Speiseröhre sind sehr eng bei Thieren, die ihre Nahrung in sehr zerkleinertem Zustande genießen, wie die Nagethiere und Krautfresser, während die eigentlichen Raubthiere eine weite Speiseröhre besitzen. Sehr weit sind sie auch bei Haifischen und Schlangen. Bei letzteren sind ihre Muskeln aber so dünn, dass man daran denkt, es könnten auch die äußere Körperwand, in soweit sie die Speiseröhre umgeben, durch Zusammenziehung den Schlingakt unterstützen. Bei *Coluber scaber* durchdringen mit Email bekleidete Fortsätze der Speiseröhre die Wand des Oesophagus zahnartig in einer Reihe. — Bei den Vögeln kommt häufig eine Erweiterung der Speiseröhre, der Kropf vor, der auch eine blindsackartige Erweiterung stellen kann, in welcher die Schleimhaut charakteristische Modificationen des Drüsenapparates zeigt. Am meisten findet er sich bei fleisch- und körnerfressenden Vögeln. In dem Kropf werden die Speisen aufgehäuft und besonders Körner quellen in ihm an und treiben die

Durch den Keimungsprocess wird Stärkemehl in Zucker verwandelt, der Vorgang ist also physiologisch von gleichem Werth wie die Speichelverdauung; das Sekret der Divertikel selbst übt keine Fermentwirkung, es reagirt meist alkalisch, bei einigen Vögeln aber auch normal sauer (JOBERT). Bei den Tauben, Männchen wie Weibchen, sondert in der Brütezeit der Pigeon aus einer eigenthümlichen Drüse, dem Ansehen nach den Windungen des Gehirns ähnlich, eine breiige, milchige Masse ab, die zur Ernährung der Jungen mit verwendet wird: Pigeonmilch (J. HUNTER); die Sekretion beginnt 3—4 Tage vor dem Ausschlüpfen der Jungen und hält etwa ebenso lange nachher an. CL. BERNARD vergleicht sie mit der Milchabsonderung der Säugethiere, LECOMTE fand ihre Zusammensetzung: Casein und Salze 23,23%, Fett 10,47%, Wasser 66,30%. Nach v. SWIECICKI bildet die Oesophagus-Schleimhaut bei Fröschen die Hauptmenge des Pepsins, weit mehr als die Magenschleimhaut selbst, aber keine Säure.

### Der Magen, die Magenschleimhaut.

Man hat früher den Magen als das Centralorgan der Verdauung betrachtet.

Die Speisen verweilen im Magen eine längere Zeit, wobei ein Theil des in der Nahrung aufgenommenen Eiweisses in einen Zustand: Pepton übergeführt wird, in welchem es leichter zu einem Bestandtheile der Säfte des Organismus werden kann.

Wenn die Speisen den Magen verlassen, so sind sie zu einem Brei, Chymus verwandelt, welcher sich zwar chemisch noch nicht sehr bedeutend von der Zusammensetzung der genossenen Nahrungsmittel verschieden zeigt, in physikalischer Beziehung aber sehr veränderte Verhältnisse erkennen lässt.

Die verdauende Fähigkeit des Magens gipfelt, wie die der Mundhöhle, in der specifischen Flüssigkeit, dem Magensaft, welcher in Folge von Reizen reichlich auf die Oberfläche der Magenschleimhaut von den Magendrüsen ergossen wird.

Die Schleimhaut des Magens (KÖLLIKER) besteht fast lediglich aus Magensaftdrüsen. Sie ist weich und locker; bei leerem Magen bläulich oder weisslich, während der Verdauung lebhaft roth gefärbt, da dann Blutgefässe wie bei allen absondernden Drüsen z. B. bei den Speicheldrüsen erweitert, stärker gefüllt und rascher durchströmt sind, auch die Venen enthalten dann ein heller rothes Blut. Kleine Längsfältchen, welche die Schleimhaut des nüchternen, leeren Magens erkennen lässt, verstreichen, wenn der Magen sich füllt. Im Pylorustheil und um die Labdrüsenmündungen finden sich kleine netzförmig verbundene Fältchen und freie Zöttchen. In der Nähe des Pylorus ist die Schleimhaut am dicksten, 1,7 — 2 mm, am dünnsten ist sie in der Nähe des Magenmundes, wo sie oft nur eine Dicke von 0,5 mm zeigt. Die Oberfläche des Magens ist mit einem Cylinderepithel bedeckt.

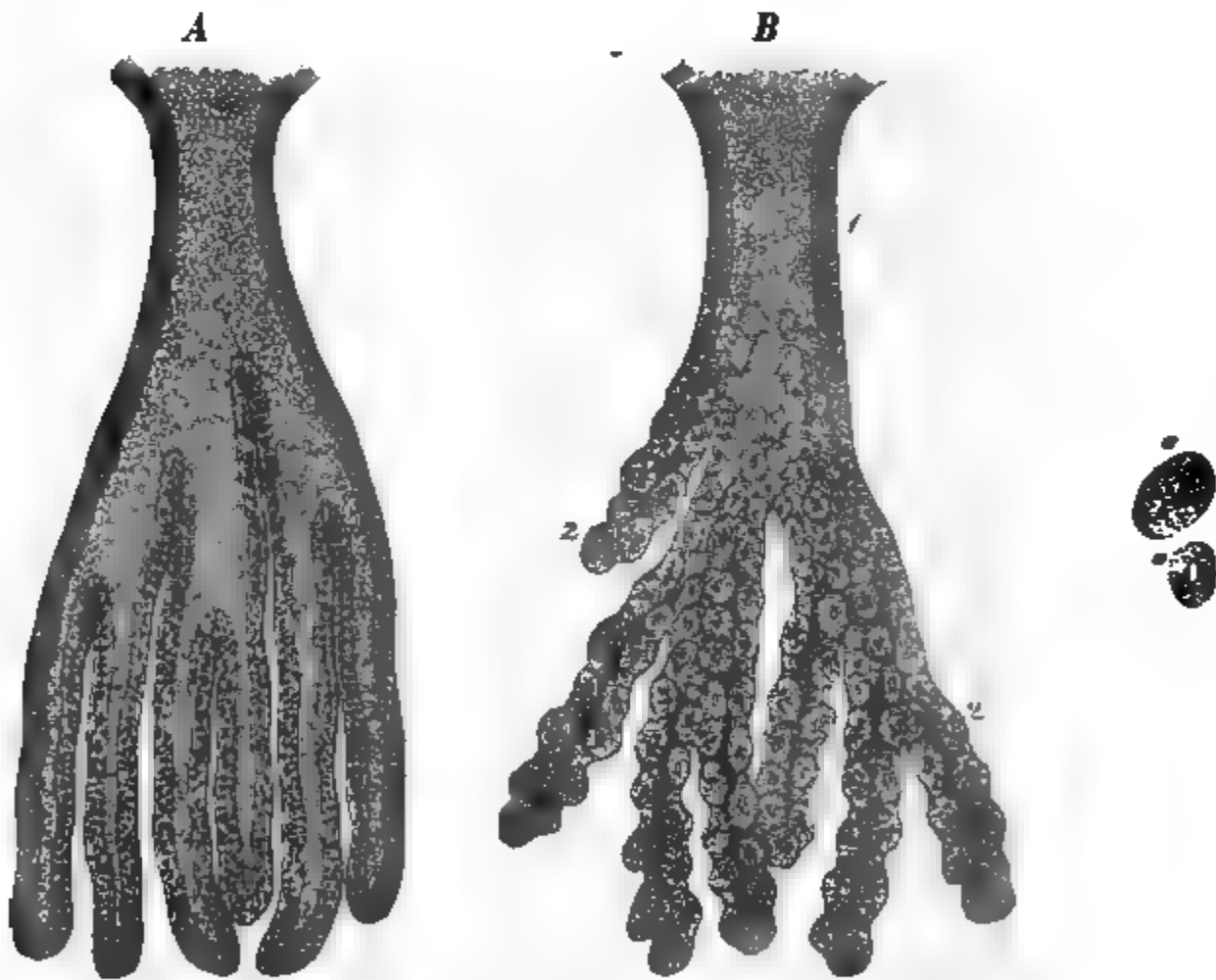
Es finden sich im Magen zweierlei Arten von Drüsen: Magensaft- oder Labdrüsen und die Magenschleimdrüsen. Für den chemischen Akt der Verdauung hielt man bisher nur die ersteren von Wichtigkeit. Die Magenschleimdrüsen finden sich am Pylorustheile des Magens, der während der Verdauung blass bleibt. Sie sind zusammengesetzt-schlauchförmig und besitzen Cylinderepithel bis in die cylindrisch geformten Endschläuche (Fig. 65 A). MORZ sah am Pylorus echte traubenförmige Drüsen, welche auch sonst im Magen zerstreut vorkommen (FREY).

Das alkalische Sekret der Magenschleimdrüsen überzieht im

nüchternen Zustande die innere Magenoberfläche, besonders dick am P<sup>h</sup>theile. Es betheiligen sich an der Schleimproduktion des Magens au Cylinderepithelien der Magenoberfläche. Ob sie ihr Sekret austreten oder ob sie bei der Sekretion ganz zerstört werden, ist nicht mit Bestimmtheit erkannt. Die letztere Annahme, gegen welche auch die neueren Beobachtungen an anderen secernirenden Zellen, z. B. in den Milch- und Speicheldrüsen sprechen, macht Schwierigkeiten, da die Cylinderepithellage nur eine ist, wenn man nicht mit KÖLLIKER die Möglichkeit einer Quertheilung der Cylinderzellen annehmen will, worauf vielleicht ein hier und da vorkommender zweiter Kern in einer Zelle hindeutet. F. E. SCHULZE fand zwischen anderen, verschmälerten Enden der Cylinderzellen kleine rundliche Zellen, denen der Ersatz vielleicht ausgehen könnte, was durch ihre Bezeichnung „Stammzellen“ angedeutet werden soll.

Die Magensaftdrüsen sind, wie die Magenschleimdrüsen, sackförmig gebaut, doch zeigen sie sich nur manchmal in reichlicher Weise wie wir es bei letzteren als Regel erkennen, z. B. um die Cardia (Fig.

Fig. 65.



Zusammengesetzte Drüsen aus dem menschlichen Magen, 100mal vergr. A Magenschleimdrüse vom P<sup>h</sup> B Magensaftdrüse von der Cardia. 1. Gemeinschaftliche Ausmündungshöhle (stomach cell TOWN-BOWNE) einfachen Schläuche bei A mit Cylinderzellen, bei B mit Labzellen. C Einzelne Labzellen, 330mal vergr. a größere: adelomorphe Zellen; b kleinere: adelomorphe Zellen.

Eine dicht neben der anderen stehend, durchsetzen sie die ganze Schleimhaut bis zur Muskellage und sind je nach der Dickenausdehnung der Schleimhaut von verschiedener Länge.

Wenn der Schleim von der Magenoberfläche entfernt wird, so zeigt



ihre kleine, runde, mit der Loupe erkennbare Grübchen, die mit Cylinder-epithel tapeziert sind. In jedes solche Magengrübchen, das man als den gemeinsamen Drüsenausgang ansprechen kann, mündet eine Anzahl von Labdrüsen. HEIDENHAIN bezeichnet das Magengrübchen als Drüsenausgang, den deren meist engeren Theil der Drüse als Drüsenhals, den übrigen Haupt-Abchnitt als Drüsenkörper.

Jede Magendrüse wird von der Umgebung durch eine Membrana propria abgetrennt, in welcher sich sternförmige Zellen zeigen (HENLE, BOLL), welche für die Membrana propria acinöser Drüsen charakteristisch sind (BOLL). Dem Schlauche der Membrana propria finden sich grosse, rundliche oder fleckige, kernhaltige Zellen, meist mit kernigem Inhalte: die Labzellen, polymorphe Zellen (ROLLETT) oder Belagzellen (HEIDENHAIN). Ausser diesen besetzen, nicht kontinuierlich das Lumen des Drüsenkörpers auskleidenden Zellen besitzen die Labdrüsen noch eine grössere Anzahl kleinerer Zellen, die die eigentliche, an das Cylinder-epithel der Drüsenmündungen sich anschliessende kontinuierliche Drüsenepithel darstellen sollen, die polymorphe Zellen (ROLLETT), Hauptzellen (HEIDENHAIN). Sie liegen auch über den Belagzellen im Drüsenkörper, so dass diese dann nicht direct das Lumen dieses Drüsenabchnittes berühren. Im Drüsenhals finden sich fast nur Labzellen, im Drüsenausgang Cylinderzellen.

Die Drüsen stehen in der Magenschleimhaut so dicht neben einander, dass das Bindegewebe wenig Raum mehr übrig bleibt. Am entwickeltsten findet sich dieses an dem Grunde der Drüsen untermischt mit zahlreichen glatten Muskelfasern, die dort eine selbständige Lage bilden und sich kreuzend zwischen die Drüsen hereinziehen (BRÜCKE), bei deren Entleerung sie unzweifelhaft mitwirken.

Ausserdem steigen zwischen den Drüsen zahlreiche Gefässe auf, die, sich hier verbindend, ein zierliches Netz um die Schläuche herumspinnen. Die Arterien werden schon zu sehr zarten Stämmchen, ehe sie die Schleimhaut erreichen, zwischen den Drüsen spalten sie sich zu Kapillaren. Alle Drüsenmündungen sind mit Blutgefässringen umgeben, die sich unter einander vereinigen und von oben gesehen als ein regelmässiges Maschennetz erscheinen. Die aus diesem Netze entspringenden Venen sind ziemlich weit, bilden unmittelbar unter der Schleimhautoberfläche ein dichtes Netzwerk (BRÜCKE) und durchlaufen dann ohne viele Verzweigung die Schleimhaut.

Unter den Magensaftdrüsen findet sich ein Netz von feinen Lymphgefässen, ein anderes liegt in der Submucosa, das man bei Thieren und Menschen, welche in der Verdauung starben, mit Lymphe gefüllt sehen kann. Aus ihm sammeln sich die grösseren Stämmchen, welche schliesslich die Muskelschicht in der Gegend der Curvaturen durchsetzen. Von Lymphdrüsen finden sich geschlossene Follikel, sogenannte linsenförmige Drüsen in unbestimmter, geringer Anzahl.

### Nerveneinfluss auf die Magensekretion.

Es ist noch nicht gelungen, das Verhalten der Nerven in der Magenschleimhaut und den Absonderungszellen zu erkennen. Die Nerven stammen von Vagus und

**Sympathicus** und führen in ihrem Verlaufe zahlreiche, kleine Ganglien (**RENA MEISSNER, BILLROTH**). Fast ebenso wenig ist über die Wirkungen der sekretorischen Nerven ermittelt. Man kennt noch nicht mit voller Sicherheit die Bahnen, auf denen der Erregungszustand den Magendrüsen zugeleitet wird.

Wie alle Drüsen, so secerniren auch die Magendrüsen nur auf nachweisbare Reizung. Es scheint, dass die sensiblen, chemischen Reizungen der Magenschleimhaut, hervorgebracht normal durch verschluckte Stoffe, vor Allem durch Gewürze, oder experimentell durch mechanisches Berühren der blossliegenden Magenschleimhaut mit einer Federfahne oder einem Glasstabe, welches bei Magen fisteln leicht ausführbar ist, auf sekretorische Fasern durch Reflexe in Ganglienzellen, vielleicht in der Magenschleimhaut selbst gelegen, übertragen werden. Verschluckter Speichel reicht schon hin, die Magensekretion anzuregen, und es liegt in dieser die Magenthätigkeit anregenden Eigenschaft eine der Aufgaben der Speichelsekretion. Die Sekretion des Magensaftes scheint unabhängig davon, ob die zum Magen tretenden Nerven, z. B. der Vagus, durchschnitten sind oder nicht. Während der Sekretion ist die Blutdurchströmung durch den Magen gesteigert (S. 277).

**Gewürze:** Pfeffer, Zimmt, Ingwer, Kochsalz regen die normale Sekretion des Magens an. **BUCHHEIM** gibt an, dass Bitterstoffe die Magenverdauung nicht befördern. Alkohol fällt das Pepsin, welches sich bei hinreichender Wasserzufuhr wieder löst.

### Das Sekret des Magens und seine Wirkung.

Im nüchternen Magen findet sich eine schleimige, sehr schwach sauer, neutral oder selbst alkalisch reagirende Flüssigkeit. Dieser Magenschleim enthält ausser dem structurlosen Schleime eine Anzahl halbzerfallener Cylinderepithelzellen aus dem Epithel des Magens und der Schleimdrüsen. Wenn die gesunde Magenschleimhaut irgendwie sensibel gereizt wird, tritt sogleich eine saure Reaktion der Magenflüssigkeit auf. Bei mechanischer Reizung einer vorgetrockneten Schleimhautstelle, bei einer Fistel z. B., sieht man zuerst in kleinen Tröpfchen, die sich dann zu grösseren Tropfen vereinigen, den Magensaft an den Drüsenöffnungen hervortreten als eine wasserklare, farblose, nicht schleimige Flüssigkeit mit intensiv saurer Reaction.

In neuerer Zeit ist die Veränderung der Magendrüsen durch ihre Sekretionsthätigkeit Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen. **F. E. SCHULZE** fand in den Magenschleimdrüsen offene Cylinderepithelzellen »Becherzellen«. Man glaubt (**W. EBSTEIN**), dass bei der Sekretion die Becherzellen diesen Inhalt abgeben. Im Hungerzustand ist das Protoplasma der Becherzellen in den Magensaftdrüsen nur leicht granuliert (**HEIDENHAIN, ROLLETT**), während die reichlichen kleineren Drüsenzellen des Drüsenkörpers (Hauptzellen) dunkelkörnig erscheinen. Bei verdauendem Magen erscheinen zuerst die Becherzellen besonders bedeutend in dem Breitendurchmesser vergrössert. Die Hauptzellen erscheinen beträchtlich geschwellt und durch feinkörnige Masse getrübt. Diese Zellen färben sich nun mit Karmin, was sie im ruhenden Zustande der Drüse nicht thun, und was nach meinen Beobachtungen über die Ursache der Färbung mit Karmin auf einer chemischen

derung des Zelleninhaltes und zwar auf dem Eintreten einer sauren  
 n beruht (cf. oben S. 93). Die Labzellen, welche sich auch in der  
 len Drüse färben, sonach auch dort Säure enthalten und einen regen  
 chsel besitzen, sind in der arbeitenden Drüse ebenfalls stark vergrössert.  
 ssene Zellen oder Theilungen, welche auf eine Neuproduktion von Zellen  
 en wären, wurden nicht beobachtet. In den späteren Verdauungsstun-  
 wellen Drüsen und Drüsenzellen wieder ab, die Hauptzellen verkleinern  
 ir, behalten aber zunächst noch ihre Tinktionsfähigkeit bei (HEIDENHAIN).  
 findet die angegebenen Differenzen nicht so deutlich ausgesprochen wie  
 ain. Die Ausscheidung lässt also auch hier den oben bei den Speichel-  
 schematisch dargestellten Vorgang bei der Drüsensekretion annehmen.  
 ie Nervenwirkung, Reizung werden zunächst chemische Umgestaltungen  
 ildung) im Protoplasma der Drüsenzelle erzeugt. Diese kann nun Flüs-  
 n in sich und den umspülenden Parenchymsäften aufnehmen, sie schwillt  
 ch »Contraction« des Protoplasma wird die aufgenommene Flüssigkeit  
 »Ladung« der Drüsenzelle, d. h. mit dem specifischen Sekret derselben,  
 esst (cf. S. 264). Offenbar sind kleine und grosse Zellen der Labdrüsen  
 nschaftlich für die Bildung des Sekrets beschäftigt, ob sie verschie-  
 fgaben haben, ist noch fraglich. HEIDENHAIN glaubt annehmen zu dürfen,  
 s Pepsin in den Hauptzellen entstehe, jedenfalls entsteht, wie unsere  
 ung ergibt, in den Labzellen Säure. Während die Pepsinbildung con-  
 h stattfindet, tritt die Säurebildung nur in Folge von Reizung auf.

iner Magensaft kann aus Magen fisteln gewonnen werden. Einige  
 hon sind solche bei Menschen von sonst vollkommener Gesundheit be-  
 t worden, so dass man eine normale Functionirung der Magenschleim-  
 raussetzen konnte. Bei Thieren gelingt es bei genügender Sorgfalt ohne  
 Störungen der allgemeinen Körper- und Magenfunctionen Magen fisteln  
 anzulegen und durch eingeheilte, beliebig verschliessbare Röhren  
 erhalten. Durch mechanische Reizung der Schleimhaut während des  
 s kann man aus solchen Fisteln Magensaft gewinnen, der mit etwas Ma-  
 eim und mit mehr oder weniger Speichel vermischt ist. Um letzteren  
 ten, muss die Speiseröhre während der Magensaftgewinnung verschlossen  
 müssen die Ausführungsgänge aller Speicheldrüsen unterbunden wer-  
 as selbstverständlich nur bei Thieren ausführbar ist. Der so gewonnene  
 aft zeigt bei allen Thieren und bei dem Menschen eine auffallende Ueber-  
 mung. Stets ist er wenig concentrirt, so dass sein specifisches Gewicht  
 n des Wassers sich kaum unterscheidet. Er hat einen charakteristischen  
 » Geruch und Geschmack. Die Säure des Magensaftes röthet blaues  
 papier nachhaltig, so dass sie also keine flüchtige sein kann. Die saure  
 lenheit rührt von freier Salzsäure her, wie PROUT und am sichersten  
 udr nachgewiesen haben. Doch ist die Menge der freien Säure normal  
 ing, immerhin lässt sich aber zeigen, dass sie manche nur in Säuren lös-  
 örper. z. B. kohlensauren Kalk, auflöst und aus ihm Kohlensäure ent-

e verschiedenen Experimentatoren schätzen die während 24 Stunden ab-  
 orte Menge von Magensaft für den Menschen sehr verschieden hoch.  
 SEYLER kommt, auf die Beobachtungen BEAUMONT's (cf. unten) gestützt, zu

135—180 Gramm; C. SCHMIDT berechnet aus seinen Bestimmungen ebenfalls an einer menschlichen Magenfistel (cf. unten), dass in 24 Stunden der Mensch 26,4% seines Körpergewichts = 4—4,5 Kilogramm liefere. Aus ihren Beobachtungen am Hunde berechnen BIDDER und SCHMIDT sogar auf 1 Kilogramm Körpergewicht 100 Gramm Magensaft. Die letzteren Zahlen scheinen für normale Verhältnisse entschieden zu hoch zu sein.

Die Menge der im Magensaft enthaltenen freien Salzsäure ist sehr verschieden. Die Untersuchungen des menschlichen Magensaftes (SCHMIDT) ergeben in mit Speichel und Wasser etwas verdünntem Saft nur 0,02%; bei Hunde findet sich mehr: 0,3%, beim Schafe: 0,12%. Im reinen Saft scheint die saure Reaktion nur auf der Anwesenheit der Salzsäure zu beruhen. Während der Verdauung bilden sich aber durch Zersetzung der Speisen im Magen auch noch andere Säuren organischer Zusammensetzung: Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, die sich dann ebenfalls an der Hervorbringung der sauren Eigenschaft des Saftes und an dem Verdauungsvorgang (cf. unten Stärkerverdauung im Magen) betheiligen.

Ausser der genannten Säure enthält der Magensaft das Pepsin (SCHWANN) das Magenferment, auf dessen Vorhandensein die hauptsächlichste Wirkungs-fähigkeit des Magens beruht. Seine Einwirkung erstreckt sich auf die Eiweissstoffe und leimgebenden Gewebe, die im Magen in Pepton übergeführt werden. Pepsin und Salzsäure sind miteinander zu einer leicht trennbaren Verbindung vereinigt, ein Theil der letzteren ist vollkommen frei.

Die Intensität der Wirksamkeit des Magensaftes hängt von seinem Gehalt an Pepsin und freier Säure, sowie (bei künstlichen Verdauungsversuchen) von der Höhe der Temperatur ab. v. WITTICH stellte fest, dass die Verdauung von Eiweissstoffen (Fibrin) um so schneller beginnt und um so rascher fortschreitet, je grösser der Gehalt an Pepsin ist. Durch die Untersuchungen BRÜCKE's wissen wir, dass der für rasche Verdauungswirkung geeignetste Gehalt des Magensaftes an freier Säure zwischen 0,8—4,75 pro mille beträgt, bei Gehalten unter und über diesen Grenzwerten sinkt die Wirkung. Die Wirkung ist unter sonst gleichen Bedingungen am stärksten bei einer Temperatur zwischen 35—50°.

(L. LABORDE leugnet wieder auf Grund der chemischen Wirkungen des Magensaftes die Anwesenheit freier Salzsäure ganz).

Nach H. BRAUN wäre die Magensaftabsonderung eine continuirliche. Er vermisse die vielbeschriebenen Wirkungen sensibler Reize, sowohl mechanischer als chemischer, auf Speichel fand er unwirksam. Nach GRÜTZNER ist aber dieser Zustand der continuirlichen Magensaftabsonderung auf chronischen Magenkatarrh zu beziehen, wie er bei Magen-fisteln häufig eintritt. HAMMARSTEN constatirte, dass die Fähigkeit des Magensaftes (namentlich von Kalb und Schaf), Milch bei alkalischer Reaction zur Gerinnung zu bringen nicht vom Pepsin, sondern von einem anderen Ferment (?) herrühre.

### Pepsin und Peptone.

Man ist im Stande, das wirksame Princip des Magensaftes aus der Magenschleimhaut frisch geschlachteter Thiere (wie die Verdauungsfermente aus anderen Organen, z. B. Speicheldrüsen) nach BRÜCKE's oder v. WITTICH's Methode (cf. unten) darzustellen, so dass es seine verdauenden Wirkungen auch ausserhalb des lebenden Körpers entfaltet. Jede Salzsäure schwach angesäuerte Flüssigkeit, die eine geringe Menge Pepsin enthält: künstlicher Magensaft, zeigt die Fähigkeit der Peptonbildung: man prüft auf die Anwesen-

psins dadurch, dass man eine Flocke reinen Blutfibrins in die Probeflüssigkeit bringt; bei einer Temperatur von etwa 35° C. wird sich dieselbe, wenn Pepsin vorhanden ist, nach einer Zeit nach vorläufigem Aufquellen zu einer opalescirenden Flüssigkeit gelöst haben: eine Probe BRÜCKE's. Auf analoge Weise kann man auch die Menge des Pepsins in einer Probe schätzen.

Man hat dem Sekret der Magenschleimdrüsen, dem »Magenschleim«, dessen relative Unwirksamkeit Wasmann, dem Entdecker desselben, von allen Experimentatoren bestätigt wurde, die verdauenden Wirkungen zugeschrieben. Nach den Versuchen Heidenhain's mit Ebstein liess diese Annahme modificirt werden zu müssen. v. Wittich, Fick, Friedinger und Wolff setzten aber die Magensaftdrüsen und Labzellen in ihr altes Recht wieder ein. Den Magenschleimdrüsen fehlt die verdauende Wirkung. (Ebstein und Grützner behaupten neuerdings, dass die mit verdünnter Salzsäure — nicht mit Glycerin — extrahirte Pylorus-Schleimdrüsen verdauende Wirkungen besitze, v. Wittich konnte diese Beobachtung bestätigen. Es sei aber daran erinnert werden, dass man in verschiedenen Körperflüssigkeiten Pepsin in grosser Menge findet, z. B. im Parenchymsaft der Muskeln, im Harne (Brücke), nach Baccelli in der Milzpulpa, sowie im venösen Milzblute. (Baccelli meint, dass das Pepsin des Magenschleims durch das venöse Milzblut zugeführt werde.)

Die Wirkung des Magensaftes auf die Eiweisskörper besteht darin, dass er aus den Eiweisskörpern die sogenannten Peptone bildet, welche sich in physikalischer Beziehung von den Eiweissen unterscheiden, dagegen nicht wesentlich durch ihre elementare Zusammensetzung von den Eiweissen unterscheiden, aus denen sie entstanden sind. Nach Thiry's Analysen ist die Zusammensetzung des Eiweisses und des daraus (durch anhaltendes Kochen) gebildeten Peptons folgende: Eiweiss: C 54,87, H 7,13, N 16,00, S 2,12, O 23,38; Pepton: C 54,37, H 7,25, N 16,12, S 2,12, O 23,44. Die sorgfältigen vergleichenden Versuche R. Maly's für Fibrin und Pepton hatten etwa das gleiche Resultat. Es ergab sich eine geringe Zunahme des Stickstoffs und eine Abnahme des C und N. Darnach hält es Maly für wahrscheinlich, dass das Pepton als ein Albuminat anzusprechen sei. Nach Hoppe-Seyler verhält sich das Pepton zu den Eiweisskörpern wie Hydrat zu den Anhydriten, das Pepton ist derjenige Eiweisskörper, welcher bei möglicher Hydratation aus allen übrigen Eiweissstoffen gebildet wird, besteht daraus durch alle jene Processe, durch welche man gewöhnlich eine solche Peptonlösung erreicht: starke Säuren, Aetzalkalien, Fäulniss und verschiedene Fermente.

Möhlenfeld und Lubavin fanden neben den Peptonen bei künstlicher Verdauung (ohne Fibrin) von Fibrin: Leucin und einen Stoff, welcher die Tyrosinreaktion gab. Ihre zwei Peptone unterscheiden sich aber auch in der Zusammensetzung wesentlich vom Fibrin. Er glaubt sie durch Wasseraufnahme und Abspaltung von Kohlensäure aus dem Fibrin entstehen. Ihre Peptone scheinen sonach im Gegensatz zu denen Thiry's und Maly's schon bestehend veränderte Eiweisszersetzungsprodukte zu sein.

Fibrin:		Fibrinpeptone:			
(Dumas und Cahours)		(R. Maly)	(Möhlenfeld)		(R. Maly)
			I.	II.	
C	52,7	52,51	47,71	44,96	51,40
H	7,0	6,98	8,37	7,88	6,97
N	15,7	17,34	15,40	17,85	17,13
O + S	24,6		S 0,89	S unbestimmt.	

Er und Ploetz haben durch Fütterungsversuche an Hunden und Tauben die Thatsache festgestellt, dass die Peptone im Körper in gewöhnliche Eiweissstoffe (Geldner) zurückverwandelt werden können.

Die Wirkung des Pepsins erfordert die Anwesenheit einer freien Säure, welche aus den Eiweissen die in Säuren lösliche Modification Parapepton oder Syntonin = Acidalbumin bildet. Den Säuren gegenüber verhalten sich die verschiedenen Eiweissstoffe etwas verschieden, besonders in Beziehung auf die Zeit, welche sie zur Lösung erfordern. Blutfibrin



quillt in 0,10% Salzsäure zuerst auf, um sich dann sehr langsam zu lösen, während die Eiweissstoffe des Muskels von derselben Säure sehr leicht aufgelöst werden. Die Eiweissstoffe sind dann zu Syntonin geworden, welches zwar in verdünnten Säuren, nicht aber in Wasser löslich ist. Neutralisirt man die Säure mit einem Alkali, so fällt der gelöste Eiweissstoff gallertartig heraus. Unter der Einwirkung des Magensaftes entsteht zuerst aus allen Eiweissstoffen oder dem Syntonin in dieser Eigenschaft analoge Lösung. Auch die in Wasser gelöst aufgenommenen Eiweissstoffe, wie rohes Hühnereiweiss werden zuerst in diesen syntoninähnlichen Stoff übergeführt. Bei dem Casein der Milch tritt anfänglich im Magen durch eine, wenn dem reinen Pepsin noch der Salzsäure allein zukommende Wirkung (S. 282) eine Gerinnung ein, die bei der Käsebereitung verwerthet wird, bei der mit einem Stückchen getrockneten Magen: Labmagen das Casein gefällt zu werden pflegt. Im Magen unterliegt erst das gereinigte Casein der verdauenden Wirkung. Kochsalz soll die Pepsinabsonderung im Magen steigern (GRÜTZNER).

Man glaubte früher annehmen zu müssen, dass die Umwandlung der Eiweisskörper in Peptone im Magen nur unter der Einwirkung des Pepsins erfolgen könne. Neuerdings hat v. WITTICH gezeigt, dass schon unter der Einwirkung der Säure allein Albuminate (Fibrin) langsam in Peptone umgewandelt werden. Unterstützt wird diese Umwandlung durch die Temperatur. Die Wirkung des Pepsins besteht darin, dass es die Peptonbildung ungeschildert beschleunigt, so dass sie nur eben so viel Minuten wie ohne dasselbe Tage erfordert. Im Magen fehlt es also zur stärkeren Entfaltung dieser Säurewirkung an Zeit. Peptone und peptonartige Körper werden ausserdem gebildet: durch Kochen und Fäulniss (MEISSNER), v. GORUP-BESANEZ durch Ozon.

Der normale menschliche Magensaft zersetzt das Oxyhämoglobin des Blutes rasch in Hämatin und Acidalbumin, welches in Pepton übergeht. Das Blut wird daher im Magen in eine schwarzbraune Masse verwandelt.

In dem Magensaft wird auch das leimgebende Gewebe gelöst, zunächst unter Wirkung von Leim, der dann in Leimpepton übergeht, das eine nicht mehr gelatinirende Lösung bildet. Der Magensaft wandelt Knochen, Knorpel, Sehnen etc. zu Knochen- oder Knorpelpepton um. Auch elastisches Gewebe löst sich, ebenso die Membranae propriae der Drüsen, Descemetische Haut, die Kapsel der Krystallinse, das Sarkolemm der Muskeln, die Membran der Fettzellen. Nicht angegriffen werden die Epidermisgebilde: Haare, Nägel etc., das amyloide Substanz und Nuclein. Der Leim verliert dabei wie in jeder Säure endlich seine Fähigkeit zu gelatiniren.

Man hat die Menge von Eiweiss zu bestimmen versucht, welche durch eine bestimmte Menge von Pepsin gelöst werden könnte. Es zeigt sich, dass, nachdem eine gewisse Menge von Eiweissstoffen von der Verdauungsflüssigkeit gelöst wurde, die Lösungsfähigkeit verschwindet; neu zugesetzte Mengen werden nicht mehr verändert. Die Fähigkeit der Verdauung kehrt dem Gemische aber sogleich zurück, wenn man einen weiteren Zusatz von verdünnter Salzsäure macht. Wenn auch in dieser Mischung die Peptonbildung aufhört, so tritt bei einem neuer Zusatz von verdünnter Säure wieder hervor. Bei der Pepsinverdauung wird also Säure verbraucht, da sowohl das Acidalbumin, als das Pepton sich mit Säuren verbinden. HOPPE-SEYLER sieht die Hauptwirkung des Pepsins bei der Magenverdauung in nichts Anderem, als in der Uebertragung von Säure an das Eiweissmolekül. Das Pepsin wird also durch die Verdauung nicht zerstört, ebensowenig wie die Fermente durch ihren Wirkungen; man erklärt auch das Pepsin für ein Ferment. Die gesteigerte Concentration der Lösung an Peptonen hindert die Verdauung, ähnlich wie auch bei Gährung durch das entstandene Gährungsprodukt (Alkohol, Milchsäure etc.) der Vorgang gehindert wird. Eine geringe Menge Pepsin ist im Stande, eine sehr grosse Menge Eiweissstoffe umzuwandeln. Dieselben Stoffe und Einwirkungen, welche die übrigen Fermentwirkungen hemmen oder zerstören, haben den gleichen Erfolg auch für das Pepsin. Concentrirte Säuren, Metallsalze, starker Alkohol, Kochen heben die Wirkungsfähigkeit des Pepsins auf, eben



. Sind die zugesetzten Säuren jedoch nicht zu sehr concentrirt, so lässt sich die Wirkung durch theilweise Neutralisation wieder herstellen, ebenso bei Alkalien.

PE-SEYLER und SEVEAY behaupten, dass manche Gährungen und Fäulnisse durch Mangel verhindert werden, wie das schon von den alten Physiologen gelehrt wurde.

Pepsin wird vorzüglich in dem Drüsengrunde gebildet. Die zu seiner Thätigkeit nöthige Säure tritt erst an der Oberfläche des Magens auf. Im Drüsengrunde reagirt der Magensaft alkalisch; das Pepsin kann also dort nicht zur Wirksamkeit kommen.

Entstehung der freien Säure des Magensaftes.

1. R. MALY ist der Entstehung der freien Säure im Magensaft auf einen Dissociationsvorgang zurückzuführen. MULDER hat nachgewiesen, dass im Seewasser unter der Einwirkung von Salzen aus den Verbindungen der Erdalkalien mit Chlor, besonders aus Chlorcalcium und Chlormagnesium, freie Salzsäure entstehen kann. In dieser Hinsicht wird der Gehalt des Magensaftes wichtig. Wir finden in ihm in reichlicher Menge Chlorverbindungen von Alkalien und alkalischen Erden. Da vom Hunde ganz reiner Magensaft von SCHMIDT untersucht wurde, während der von Menschen gewonnene Saft nie speichelfrei erhalten werden konnte, so mag folgende Analyse (Mittel aus 40 Analysen) als ein Beispiel der Stoffmischung des Magensaftes, speichelfreier Magensaft des Hundes gelten, neben welchen viel wässerigeren speichelhaltigen Magensaft vom Menschen (von der Bambergerin cf. unten) stellen, ebenfalls von C. SCHMIDT untersucht.

	Hund:	Mensch:
Wasser . . . . .	973,062	994,404
fester Rückstand . . . .	26,938	5,596
davon Pepsin und organische Stoffe	17,127	3,195
freie Salzsäure . . . . .	3,050	0,200
Chlorkalium . . . . .	1,123	0,500
Chlornatrium . . . . .	2,507	1,465
Chlorcalcium . . . . .	0,624	0,061
Chlorammonium . . . . .	0,468	—
Phosphorsaurer Kalk . . .	1,729	0,125
Phosphorsaure Magnesia . .	0,226	
Phosphorsaures Eisen . . .	0,082	

SCHMIDT hat auch im Mageninhalt vom Menschen bis zu 3 pro mille Salzsäure gefunden. MULDER berechnet aus der ersten Analyse SCHMIDT's folgende wesentliche Zusammensetzung des reinen Magensaftes vom Hunde: Organische Substanz: 17,127. HCl : 2,259; K : 1,123; Na : 2,507; Ca, 2(PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>): 1,305 pro mille.

Die chemischen Analysen des Magensaftes des Menschen geben, abgesehen von der Verdünnung und Speichelverunreinigung, ein ganz analoges Resultat. Nach SCHMIDT findet sich kein Chlorammonium. Andere chemische Erklärungen stammen von R. MALY. Er wies nach, dass reine Milchsäure auch im verdünnten Zustande Kochsalz zerlegt und Salzsäure durch Diffusion scheidet sich nach MALY aus dem Salzgemisch der in den Labdrüsen enthaltenen Säfte Salzsäure ab. Die Verhältnisse sind analog der Abscheidung sauren Schweißes aus dem alkalischen Blute (cf. d. betreff. Kap.). MALY fand, dass die Wirkung von saurem phosphorsaurem Natron auf Chlorcalcium Salzsäure frei wird, welche durch Diffusion aus dieser Mischung frei zu erhalten ist. Er constatirte weiter, dass die sauren Salze in freie Säure und neutrale Salze zerlegt werden können. — Die chemischen Hypothesen stehen seit alter Zeit electriche gegenüber, MALY selbst hat allerdings wieder auf die hier vorliegenden Möglichkeiten hingewiesen. Die Stoffe, aus denen sich die Salzsäure im Magensaft abscheiden kann, sind vorwiegend nur Chlor-

natrium und Chlorkalium, es ist daher wahrscheinlich, dass neben der Abgabe von Säure in das Sekret ein Uebertritt von Alkali ins Blut einhergehe. Man bringt mit dieser Ansicht in Verbindung, dass der während der Verdauung abgesonderte Harn hier und da eine alkalische Reaction zeigt (cf. bei Harn).

### Ueber Selbstverdauung des Magens.

Man hat oftmals die Frage aufgeworfen, warum sich der Magen während des Lebens nicht selbst verdaue. Die Frage muss nach den neueren Erfahrungen anders gelöst werden.

So wie das Leben und mit ihm die Blutcirculation erloschen ist, sehen wir, wenn die Absonderung von Magensaft noch vor dem Tode statthaltet, den Magen in lebhafter Selbstverdauung begriffen. Es wird dann die ganze Dicke der Schleimhaut, ja alle Magenwand des Magens wird brüchig und gibt ein Sectionsbild, das besonders bei Kindern, bei denen der Magen öfter noch als bei Erwachsenen in den letzten Lebensmomenten verdaut, zur Veranschaulichung der Krankheit der acuten Magenweichung geführt hat.

Aber auch während des Lebens findet, soweit die Bedingungen dazu gegeben sind, fortwährende Selbstverdauung statt. Da nur die Magenoberfläche sauer reagiert, und die Drüsengründe keine Selbstverdauung eintreten, das dort vorhandene Pepsin keine eigene Aktion. Hingegen wird das Epithel der Magenoberfläche in geringem Grade selbst verdaut. Nicht nur die zahlreichen Zellenrudimente im Magensaft, sondern auch die stets im Magen vorhandenen Peptone, welche nur aus Selbstverdauung hervorgegangen sein können, sprechen hierfür beweisend. Der Grund, warum die Selbstverdauung im Leben in so enge Grenzen geschlossen ist, liegt in der beständigen Neutralisation der zur Verdauung nothwendigen durch die alkalischen Gewebssäftigkeiten, vor Allem durch das Blut. Sobald der Saft des letzteren aufhört, beginnt die Selbstverdauung in gesteigertem Masse. Pavy hat die Arterien des Magens unterbunden. An den Stellen, welche in Folge der Operation nicht vor der Magensaftwirkung geschützt waren, trat acute Magenweichung, durchblutete Magengeschwüre ein. — Die Oestruslarven im Magen der Pferde, eine *Filaria im. M.* im Magen des Schafes lebend, werden durch ihre Chitinhülle vor der Anätzung des Magensaftes geschützt (Pavy).

### Hilfsvorgänge der Magenverdauung. Chymus

Bei der Verdauung im lebenden Magen kommen ausser denen, die bereits besprochen worden, noch einige unterstützende Momente in Betracht.

Vor Allem die beständige Bewegung, in welcher die in den Magen geschluckten Speisen durch die regelmässigen Contractionen der Magenwand erhalten werden, welche sie an immer neuen Schleimhautstellen vorbeiführen und durch mechanische Reizung Gelegenheit zur reichlichen Absonderung von Saftes gibt, wirkt ausserst förderlich. Wir können bei künstlichen Verdauungsversuchen mit künstlichem Magensaft in Glasern im Brutraume durch öfters Schütteln der Verdauungsmischung die Lösung der Eiweisssubstanzen sehr fördern. In der Umgebung der Eiweissstückchen ist, so lange die Mischung ruhig steht, natürlich die Concentration der Flüssigkeit an schon entstandenen Pepton am grössten, der Verdauungsvorgang wird dadurch, wie wir oben gesehen haben S. 284, beeinträchtigt. Nach gleichmässiger Mischung geht die Einwirkung des Pepsins wieder rascher vor sich. Die Bewegung des Verdauungsgemisches im Glas und Magen hat darnach, wenigstens bis zu

wissen Grade, einen analogen Effekt, wie die im Magen schon stattfindende Absorption der Peptone, welche eine störende Anhäufung derselben hindert.

Auch die Anwesenheit des mit der Nahrung verschluckten Speichels hat eine weittragende Bedeutung.

Einestheils sehen wir seine Function in einer Anregung der Absonderung der Magenschleimhaut bestehen, anderentheils geht auch seine Einwirkung auf das Stärkemehl im Magen zunächst noch fort; es findet auch im Magen eine fortwährende Bildung von Zucker statt, die von dem Speichel zum Theil noch abhängig ist.

Es ist sicher, dass schwachsaurer Speichel noch Stärke in Zucker umwandelt, so dass im Menschenmagen die Zuckerbildung durch Speichel noch eine Zeit lang fortgehen kann, besonders da sich der schleimige Speichel nur langsam mit dem Magensaft mischt, aber zur Bildung grösserer Zuckermengen kommt es im Magen (nach Versuchen an Hunden) niemals. Dagegen bildet sich im Magen reichlich Dextrin (Erythrodextrin) und lösliche Stärke neben Milchsäure. BRÜCKE lehrt, dass diese Umwandlung der Stärke in Dextrin und lösliche Stärke im Magen durch den im Magen namentlich bekanntlich bei Nahrungseintreten des Mageninhaltes immer eintretenden Process der Milchsäuregärung geschehe. Dünner Stärkekleister geht bei Blutwärme auch ausserhalb des Organismus in Milchsäuregärung über, leichter wenn ihm etwas Wasser oder Fleisch oder Pankreas etc. zugesetzt ist. Hierbei bildet sich neben Dextrin stets Zucker, aus dem dann erst die Milchsäure entsteht. Der gleiche Vorgang tritt im lebenden Magen ein. Es wird also, ganz abgesehen von der Einwirkung des Speichels, durch die Milchsäuregärung im Magen das Amylum in Dextrin, Milchsäure, Dextrin und lösliches Amylum umgewandelt, welche beide Substanzen, in den Dünndarm gelangt, dort der rasch sacharificirenden Wirkung des Pankreassaftes leichter unterliegen können als noch nicht so weit umgewandelte Stärke. Daneben kommen im Darm die sacharificirenden Wirkungen des Darmsaftes (BUSCH) und der Galle (v. WITTICH), wenn auch nur in untergeordnetem Maasse, ebenfalls noch zur Geltung, so dass im Dünndarm Dextrin nicht mehr oder nur noch in Spuren nachweisbar ist. Auch im Darm scheint die Milchsäuregärung stetig fortzugehen, im Dünndarm nur in ihrem Anfang (saure Reaktion) verdeckt durch die alkalischen Darmsäfte. Das Wiedererscheinen der Milchsäure im Dickdarm ist sonach wahrscheinlich nur als ein Niedersichtbarwerden derselben wegen abnehmender Menge der neutralisirenden Darmsekrete zu deuten. Es verbindet sich also (nach BRÜCKE) die Milchsäuregärung mit den Wirkungen aller Verdauungsorgane.

Im Magen wird Rohrzucker in Traubenzucker übergeführt; man vermuthet (MAYER-SEYLER), dass hier vor Allem der Magenschleim wirksam wird.

Ausserdem werden lösliche, im Speichel noch nicht gelöste Stoffe, besonders Salze, im Magensaft in Lösung übergeführt. Die freie Säure vermag auch unlösliche zu lösen, welche, wie z. B. kohlensaure und phosphorsaure Erden, in Wasser allein nicht löslich sind.

Wenn die Speisen aus dem Munde in den Magen hinabkommen, so sind sie mehr oder weniger zerkleinert, gemischt, mit Speichel durchtränkt und die Überführung der genossenen Stärke in Dextrin und Zucker hat schon begonnen.

Die Reaktion der Masse ist durch den Speichel in den meisten Fällen schwach alkalisch.

Im Magen wird die Reaktion der Speisemasse in eine saure umgewandelt, in so grossen Mengen abgesonderte Magensaft verdünnt die Mischung und bildet aus ihr den Speisebrei oder Chymus. Durch die Einwirkung des Saftes verflüssigen sich die Eiweissstoffe; das Bindegewebe, viele Hüllen der thierischen Zellen etc. lösen sich.

Der Chymus enthält von den aufgenommenen Eiweissstoffen einen Theil noch ganz unverändert; ein anderer grosser Theil ist in die in verdünnter Säuren lösliche Modifikation (Syntonin, Parapepton) übergeführt. Bei einem dritten Theile ist die Veränderung schon bis zur Bildung des eigentlichen Peptins fortgeschritten. Von ihm finden sich in dem Chymus stets nur sehr geringe Mengen vor, da es wohl schon im Magen grösstentheils resorbirt wird. Dasselbe gilt von dem Zucker, der sich aus der aufgenommenen Stärke bildete.

Die Untersuchungen von M. SCHIFF haben für die Wirkung des Stärkemehls in dem Chymus einen weiteren Gesichtspunkt eröffnet. Er gibt an, dass das aus dem Stärkemehl nach dem Zucker bei der Verdauung entstehende Dextrin sowie die Milchsäure für die Geschwindigkeit des Verlaufes der Magenverdauung von Bedeutung sei. SCHIFF behauptet, dass unter der Einwirkung des Dextrins im Magen oder Blute sich die Schleimbaut des Magens mit Pepsin «lade». Die Versuche, auf welche SCHIFF seine Ansicht stützt, beweisen, wie es scheint, dass die Magenverdauung bei Anwesenheit des Dextrins energischer verläuft. Es scheint aber vor Allem die Säurebildung nicht die Pepsinbildung zu sein, welche durch das Dextrin befördert wird. BACCELLI lässt die Ladung des Magens mit Pepsin von der Milz her durch venöse Milzblut eintreten (S. 283).

### Magengase.

Eine für den Verdauungsvorgang im Magen nicht unwichtige Rolle spielt im Chymus die mit dem Speichel in reicher Menge verschluckte Luft. LIEBIG hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass sie nicht ohne Wirkung bleiben könnte bei den im Magen vor sich gehenden chemischen Umsetzungen.

CHEVREUIL und MAGENDIE fanden die Magengase eines gesunden Menschen (Hingerichteten) kurz nach dem Tode zusammengesetzt: O 44,00, CO<sub>2</sub> 44,00, N 71,45, H 3,55.

Die Magengase von Hunden, welche PLANER untersuchte, zeigen stets eine geringe Menge von Sauerstoff und einen sehr bedeutenden Gehalt an Kohlensäure und Stickstoff.

Bei einem Hunde, welcher 4 Tage mit Hülsenfrüchten gefüttert war, zeigt sich 3 Stunden nach dem Fressen die Magengase bestehend aus: 32,94 CO<sub>2</sub>, 66,30 N, 0,79 O.

Die in den Magen verschluckte Luft hatte selbstverständlich die normale Zusammensetzung. Wir können aus der gefundenen Stickstoffmenge auf die Menge der verschluckten Luft rechnen, wenn wir annehmen, dass Stickstoff dem thierischen Körper soviel wie gar nicht diffundirt, weil alle Gewebe in der Luftmischung entsprechende Stickstoffmenge schon aufgenommen haben. Die so berechnete Luftmenge ergibt, dass für je ein Volum verschwundenen Sauerstoffs 2 Volumina Kohlensäure in dem Magen des Hundes vorhanden sind.

Die Luft im Magen wird also in analoger Weise verändert wie in der Lunge. Der mit den feuchten, von Blut durchtränkten Membranen des Magens in Berührung kommende Sauerstoff wird von dem Blute absorbiert und an seine Statt mit Kohlensäure aus dem Blute. Vielleicht wird auch durch die Säure des Magensaftes aus dem Blute Kohlensäure ausgetrieben, da die Kohlensäuremenge in den Magengasen eine so bedeutende ist. Bei dem Menschen ist diese Magenathmung gegen die Lungen- und Hautathmung nur ein sehr untergeordneter Vorgang. Bei Magenkrankheiten entwickelt sich Gas im Magen durch Gährung (Buttersäuregährung), der freie Wasserstoff in den Magengasen, sowie ein Theil der Kohlensäure entstammt dieser Quelle. Vielleicht gelangen auch gelegentlich Darmgase in den Magen.

In Fällen von Magenerkrankungen bilden sich brennbare Gase im Magen, sie enthalten reichlich Wasserstoff und in geringen Mengen Grubengas (A. EWALD). Auch die bei Tympanitis durch Einstich entleerten Gase sind brennbar (wasserstoffhaltig).

### Hygieinische Betrachtungen. — Verdaulichkeit.

**Magenfistelversuche am Menschen.** — So lange man den Magen für das Centralorgan der Verdauung hielt, schien es leicht, durch Beobachtung an Magen fisteln über die »Verdaulichkeit« der einzelnen Nahrungsstoffe und ihrer Gemische zu entscheidenden Resultaten zu kommen. Man glaubte, es sei dazu nur nothwendig, zu sehen, wie lange in den Magen eingebrachte Stoffe in demselben verweilen, bis sie in den Darm abgeschieden wurden. Es sind derartige Beobachtungen von BEAUMONT in grosser Anzahl am Menschen gemacht worden. Er fand, dass der Magen seines mit einer Magen fistel behafteten canadischen Mannes nach dem Essen in 4 bis 6 Stunden geleert war. Seitdem wir wissen, dass im Magen ein Theil der verdauenden Wirkungen zur Geltung kommt, welche im ganzen Darmcanale erfahren, dass ein grosser Theil der genossenen Speisen ganz unverändert aus dem Magen in den Darm übertritt, können wir von solchen ausschliesslich am Magen angestellten Versuchen keinen Aufschluss über die absolute Verdaulichkeit mehr erwarten, doch sind die Resultate immerhin interessant, da sie manche Verdauungsverhältnisse erklären und für den Arzt Gesichtspunkte für die Wahl der Nahrungsmittel abgeben können. Kaldaunen und Schweinsfüsse, gekocht, sah BEAUMONT schon nach 1 Stunde aus dem Magen seines Magenfistlers verschwinden, gebratenes Wildpret nach  $4\frac{1}{2}$ , Brod und Milch nach 2, wilde Gans, junges Schwein nach  $2\frac{1}{2}$ , Austern nach  $2\frac{3}{4}$ — $3\frac{1}{2}$ , ebenso lange gebratenes Rindfleisch, gebacktes aber  $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ , ebenso lange frisches, gebratenes Schweinefleisch; Lammfleisch nach  $4\frac{1}{2}$  Stunden; geräuchertes Rindfleisch bedurfte im Maximum 5, geräuchertes Schweinefleisch 6 Stunden; Kalbfleisch bis  $5\frac{1}{2}$ , ebenso harte Eier. F. KRETSCHY machte an einer 25 jährigen, im Uebrigen gesunden Frauensperson, bei welcher in Folge von Caries der 7. linken Rippe eine Magen fistel vor 5 Monaten entstanden war, analoge Beobachtungen wie BEAUMONT. Da die Verdauung mit Säurebildung im Magen Hand in Hand geht, bestimmte er, wie lange nach Nahrungseinfuhr die Säurebildung anhält, wann sie ihr Maximum erreicht, wann sie beendet ist etc. Die Frühstücksverdauung dauerte  $5\frac{1}{2}$  Stunden, das Säuremaximum war nach 4 Stunden erreicht; Mittagsverdauung 7 Stunden, Säuremaximum nach 6 Stunden; Abendsverdauung 7—8 Stunden. Alkohol und Kaffe verlangsamten die Verdauung; Wein (de Rostock), zu 0,6—0,8 kurz vor dem Mittagessen genommen, verkürzte die Verdauungszeit nicht. Brunnenwasser (»Hochquellenwasser«) regt nüchtern getrunken Säurebildung an, destillirtes Wasser nicht. Während der Menses reagirte der Magensaft stets sauer. Alkohol ging im Magen in Aldehyd über. Auch CH. RICHER experimentirte an der Magen fistel des Menschen. Er fand die Acidität des Magensaftes im Minimum 0,5: im Maximum 1,7: im Maximum 3,9 p. M. Salzsäure entsprechend. Er sah eine Zunahme der Säure



gegen Ende der Verdauung. 0,4 der gesammten Säure des reinen Magensaftes sei M 0,9 Salzsäure.

Es ist ein vielfältig geltendes Vorurtheil, dass rohe Eier eine besonders verdauungswirksame Speise seien. Kein fester Eiweisskörper widersteht jedoch der Einwirkung des Magensaftes bis zu seiner Ueberführung in Parapepton und Pepton so lange wie ungeronnenes Eiweiss, so dass es geradezu als der schwerst verdauliche Eiweisskörper gelten kann. Der Umstand, dass das Casein in der Milch gelöst in den Magen gelangt, könnte auf diese Meinung verleiten, dass wir hier eine besonders leicht verdauliche Eiweissmodifikation hätten. Es darf nicht vergessen werden, dass im Magen der Käsestoff der Milch zuerst ehe er unter Abscheidung eines phosphorhaltigen organischen, dem Nuclein ähnlichen Stoffes gelöst wird (LUBAVIN und HOPPE-SEYLER). Für Manche ist die Milch ein schwer verdauliches Nahrungsmittel. Im Allgemeinen werden die Albuminate durch übermässiges Heizen weniger löslich (DONDEES). Vom Fleische scheint stets ein Rest ungelöst zu bleiben, auch leimgebende Substanz, die um so schwerer sich löst, je weniger sie durch Digestion in Leim verwandelt ist. Auch Stärkemehl widersteht den verdauenden Wirkungen so länger, je weniger die Hitze darauf eingewirkt hat, die Cellulose je älter sie ist. Cellulose, Horngelbte, elastische Fasern widerstehen der Auflösung beharrlich. Cellulose der Gemüse: Möhren, Sellerie, Kohl wird dagegen vom Menschen z. Th. verdaut. WEISKE's Versuchen zu 47—63%. Je feiner der Körper zertheilt (z. B. gekaut) ist, desto leichter wird er von den Verdauungssäften angegriffen, grössere Stücke können den Darm nicht passiren, z. B. Käse, Fleisch, Wurzelstückchen etc. In gut gegangenes, besonders altes Brod saugen sich die Verdauungsflüssigkeiten (Speichel) rasch und reichlich ein, frisches Brod sich leicht klumpig zusammenballt. Nach G. MEYER wird von Roggenbrod 40—44,5%, von Pumpernickel sogar 49,3% der trockenen Substanz nicht verdaut, von Weizenbrod (Semmeln) nur 5,6% im Koth abgehen. Sehr ungünstig gestalten sich die Ausnutzung der stickstoffhaltigen Bestandtheile, d. h. Eiweissstoffe des Brodes vom Weissbrod bleiben 20, vom Roggenbrod bis 32, vom Pumpernickel 43% des Brodes unverdaut. Bei Erbsenkost sah WOROSCHILOFF 40—47% des Stickstoffes im Koth wiedererscheinen. Eine grössere Fettmenge hindert die Verdauung, da fetthaltige Gemische nicht so leicht von den Verdauungssäften durchtränkt werden. STOHMANN fand, dass Zugabe von Stärkemehl oder Zucker eine Verminderung der Ausnutzung der Eiweissstoffe des Heu's bei Ziegen ergab. Analoge Untersuchungsergebnisse an Kühen und Kälbern. KÜHN und FLEISCHER. Unter diese Beobachtungen sind auch diejenigen zu rechnen, die die höchste Ausnützbarkeit des Futters bei Thieren nur bei einer bestimmten Mischung ergaben (HENNEBERG, STOHMANN u. A. cf. oben).

Die meisten Substanzen werden von den kindlichen Verdauungsorganen so vollkommen gelöst wie von denen Erwachsener; hierher gehört besonders Stärke. Kleinkinder vertragen Kinder Milch meist besser als Erwachsene. Ein Magen, der an schwere Nahrung gewöhnt ist, kann oft leicht verdauliche weniger gut bewältigen, da die Magenschleimhaut nicht genügend zur Magenabsonderung reizen.

Bei gewissen Magenerkrankungen scheint die Pepsinbildung abzunehmen, bei Ernährungsstörungen und Hunger, Blutungen, bei welchen alle Sekretbildung sehr tendenzvoll herabgedrückt wird. Da die Verdauungsfähigkeit des Magensaftes mit der Pepsinbildung zunimmt, so ist, genügende Säurebildung im Magen vorausgesetzt, die therapeutische Darreichung von Pepsin in den angegebenen Fällen gerechtfertigt. Das »französische Pepsin« ist ein milchsäurehaltiges Gemisch von Peptonen, Pepsin und Stärke. Das deutsche Pepsin wird im Grossen durch Fällung künstlichen Magensaftes, des kalten Wazugs der Labdrüschenschicht des Magens, mit basisch-essigsäurem Blei, Zerlegen des Niederschlags mit Schwefelwasserstoff und vorsichtigem Eindampfen des mit verdünnter Salzsäure versetzten Filtrates vom Schwefelblei unter 40° C. bis zur Syrupkonsistenz bereitet. Der braune Extrakt wird mit Stärke zu einem weissen Pulver angerieben. Das Präparat ist sehr wirksam. SCHEFFER empfiehlt zur pharmaceutischen Bereitung des Pepsins: 6 Pfund:



schleimhaut, 4 Pfund Glycerin (nach von WITTICH), 4 Pinten Wasser, 6 Unzen reine, 36 Stunden macerirt, Rückstand mit 3 Pinten Wasser 2—3 Stunden macerirt u. s. w. zunehmenden Wassermengen bis 10 Pinten Flüssigkeit gewonnen, die sich nach einigen klärt. 1 Unze löst in 4—6 Stunden 1,5 Drachmen frisch coagulirtes Eiweiss. DITTMAR machte die, Bestätigung vorausgesetzt, sehr beachtenswerthe Bemerkung, dass kauf-Pepsin kein wahres Pepton, sondern nur Parapepton = Syntonin (wie es) liefere.

Wichtig ist eine vermehrte oder verminderte Säurebildung die Ursache von Verdauungsstörungen. MANASSEIN fand bei fiebernden Hunden die Säurebildung gesteigert. Wird in der Nahrung längere Zeit kein Kochsalz zugeführt, so hört die Salzsäurebildung im Magen ganz auf (FORSTER). In einer stark sauren Flüssigkeit kann das Pepsin nicht zur Wirkung gelangen. So kann z. B. die künstliche Verdauung bei 10% Salzsäure ausbleiben, wenn man das Verdünnen der Säure erst beginnen, oder nach theilweiser Neutralisation durch Alkalien oder alkalischen Erden (z. B. gebrannter Magnesia). An einer überstarken Säurebildung im Magen betheiligen sich vor Allem die Milchsäure liefernden, zuckerähnliche Stoffe, welche demnach bei vielen Verdauungsstörungen zu vermeiden sind. MANASSEIN fand bei fiebernden Thieren das Verhältniss der Magensäure zum Pepsin gestört sei. Die Anhäufung der Peptone in dem Magensaft die Wirksamkeit des Pepsins unterbricht, versteht man, warum so leicht nach grossen Mahlzeiten Verdauungsstörungen eintreten. Je mehr wir gleichzeitig auf einmal Fleisch geniessen, um so geringer wird die wirklich verdaute Menge. Während von reinem fettfreiem Fleische bei grosser Aufnahme sehr grosser Fleischmengen 95% wirklich verdaut werden können, wird bei Aufnahme derselben in einer Mahlzeit nur 88% aufgenommen, 12% gehen unverdaulich als Koth ab (J. RANKE). WOROSCHILOFF fand bei Fleischnahrung 3,6—10% des ein- und Stickstoffs im Koth wieder.

ROSE spritzte Hunden Pepsinlösungen ein (das Blut enthält normal Spuren von Pepsin KÜHN u. A.), und beobachtete danach eine Verzögerung der Blutgerinnung.

**Entwicklungsgeschichte der Magen- und Darmschleimhaut und ihrer Drüsen.** — Wie oben schon dargestellt (S. 27), liefert das embryonale Darmdrüsenblatt die Epithelzellen, aller Darmdrüsen. Die eigentliche Schleimhaut, die Muscularis und Serosa gehen aber aus der Darmfaserschicht hervor. Bei dem Magen zeigt sich das schon eine getrennte Lage bis zum vierten Monat (KÖLLIKER). In der siebenten bis achten Woche zeigen sich die ersten Anlagen der Magendrüsen als zahlreiche solide Epithelialfortsätze, die in der dreizehnten Woche von oben her hohl werden. Im Dünn- und Dickdarm (?) zeigen sich die LIEBERKÜHN'schen Drüsen von Anfang an als hohle Ausstülpungen des Epithels. Die MEYER'schen Drüsen erscheinen im fünften Monat und entwickeln sich wie die Schleimdrüsen der Mundhöhle. Die PEYER'schen Drüsen erscheinen erst im sechsten Monat als Fortsätze der Faserhaut. Sehr merkwürdig ist die Entwicklung der eigentlichen Schleimdrüsen der Faserhaut, die erst im fünften Monat beginnt. KÖLLIKER sah aus der inneren Schicht der Faserhaut des Magens ungemein viel cylindrische Zöttchen hervorgewachsen, zwischen die Drüsen hineinwuchern, von ihrer Basis her verschmelzen und so die Drüsen ein vollkommenes Fächerwerk einschliessen, in welchem sich dann Blutgefässe befinden. Analoge Wucherungen der Faserhaut bilden auch die Schleimhaut und Zotten des Dickdarms, indem zu Herstellung der letzteren warzenförmige Auswüchse der Faserhaut die Epithellage vortreiben. Bei der Schleimhautbildung des Dickdarms beginnt die Wucherung der Faserhaut im vierten Monat, im siebenten Monat ist ihre Vergrößerung, von der Basis ausgehend, vollendet. — Die Magenschleimhaut fand ZWEIFEL bei monatlichen Fötus noch physiologisch unwirksam, während bei Neugeborenen schon seine verdauenden Wirkungen entfaltet, Pepsin und Salzsäure absondert, Pepton löst. Frischer Hühnerdotter enthält ein peptisches Ferment (KRUCKENBERG).

**vergleichenden Anatomie und Physiologie der Magenverdauung.** — Das Verdauungsrohr der Wirbelthiere besteht wie das des Menschen aus Drüsenepithel mit Schleim-

haut, Muskelhaut und Serosa (mit einem äusseren Epithel). Die Schleimhaut des Magens (LEYDIG) ist gewöhnlich längsgefaltet, entbehrt aber, wenigstens im Labmagen, der eigentlichen Zotten, nur die Magenabtheilungen der Wiederkäuer, die vor dem Labmagen liegen, besitzen meist mannigfach vorspringende, warzen- und blattartige Bildungen (cf. neu Capitell). Das Epithel des Magens und Darms ist im Allgemeinen Cylinderepithel. Bei *Colossoma fossilis* sind die tieferen Schichten der Epithelzellen cylindrisch, die Oberflächen dagegen rund. Bei Batrachiern, dann bei Rochen und Haien flimmert das Epithel während des Fressens, bei *Amphioxus* und *Petromyzon* (J. MÜLLER, LEYDIG) zeitlebens. Wo der Magen zusammengesetzt ist (Wiederkäuer), beginnt das Cylinderepithel erst im Labmagen, während die vorhergehenden ein geschichtetes, verhorntes Plattenepithelium tragen wie der Schlund. Dasselbe findet sich wohl überall in der Portio cardiaca des Magens, wenn wie bei Nagetier und Pferd eine deutliche Scheidung in diese und in eine Portio pylorica vorhanden ist; letztere hat Cylinderepithel. Der Muskelmagen der Vögel hat auch Cylinderepithel (LEYDIG). Bindegewebe und sackartige Einstülpungen des Epithels bilden die Schleimhautdrüsen, die übrigens in der ganzen Schleimhaut des Nahrungsrohrs fehlen, bei *Petromyzon*, *Myxine*, *Colossoma fossilis*.

Von der drüsenlosen Schleimhaut ergeben sich Uebergänge durch kurze Säckchen bei Batrachiern und beschuppten Reptilien, zu den Magendrüsen, die eine einfache oder zusammengesetzte Schlauchform erkennen lassen. Diese Schläuche treten in einigen Fällen noch zu höheren Elementen zusammen. Im Muskelmagen der Vögel stehen die schlauchförmigen Drüsen immer truppweise zusammen; im Drüsenmagen der Vögel werden grössere Gruppen solcher Schlauchdrüsen durch eine gemeinsame bindegewebige Hülle in einem abgeschlossenen Paquet verbunden. Bei denjenigen Säugethieren, bei welchen der Magen in eine Portio pylorica und cardiaca abschnürt, findet sich in einigen Fällen im linken Abschnitt, der dann gewöhnlich drüsenlos ist, eine eigene starke Drüsenanschwellung »eigentlich zusammengesetzte Labdrüsen« (LEYDIG); an der Cardia liegen solche bei *Peromyscus*, *Phascolarctus* und *Castor*. Beim Siebenschläfer bilden sie eine Art Vormagen, bei anderen bilden sie die erwähnten Aussackungen: Hypodaemus, Lemmus, Manis (GEGENBACH). Beim Biber besteht die grosse Magendrüse aus schlauchförmigen Labdrüsen, die in Gruppen angeordnet in kavernöse Räume münden. Bei *Manatus australis* finden sich in einer blindartigen Ausbuchtung »zusammengesetzte Magendrüsen«, welche im Grossen das Bild der einfachen Labdrüsen wiederholen. Grössere schlauchförmige Hohlräume scheinen bei schwacher Vergrösserung wie mit Cylinderzellen besetzt, diese letzteren lösen sich aber bei starker Vergrösserung jede in einen einfachen Drüsenschlauch mit Epithel auf, die alle in einen gemeinsamen Ausführungsgang münden, der dem Lumen der einfachen Drüse ganz analog erscheint. Die Abbildung, welche LEYDIG von diesen Drüsen gibt, zeigt, dass von den Drüsenmagen der Vögel und ihren vereinigten Drüsen (BISCHOFF) kein Sprung bis zu dieser Form gemacht werden kann. Die sogenannten zusammengesetzten Magendrüsen der Säuger (Hund, Katze, Pferd, Kaninchen, Schwein etc. und Mensch) bilden die Uebergänge zwischen den einfachen Schläuchen zu jenen Anordnungen im Vogelmagen, so dass allmälige Uebergänge von der glatten drüsenlosen Schleimhaut bis zu den entwickeltsten Formen der wahren zusammengesetzten Magendrüsen führen.

Bei Vögeln und Säugern finden sich die zweierlei Sekretionszellen in den Drüsenschläuchen vor, die wir oben bei dem Menschen besprochen, cylindrische und rundliche, was auf zwei Sekrete der Magenschleimhaut hindeutet. Bei den Säugern liegen die Drüsen mit runden Zellen (Labdrüsen) zumeist in der Cardialportion des Magens, die mit cylindrischen Zellen (Magenschleimdrüsen) meist im Pylorustheil. Bei den Vögeln besitzt der Proventriculus Labdrüsen, der Muskelmagen Drüsen mit Cylinderzellen. Ob auch bei Fischen und Amphibien eine solche Trennung herrscht, ist noch nicht sicher gestellt. Beim Stör und Lungenfisch fand LEYDIG nur Drüsen mit Cylinderzellen im Magen. (Ueber die vergleichende Anatomie der Magenschleimhaut der Wirbellosen vergleiche das folgende Capitell.)

Von den Thieren, welche mehrere Magenabtheilungen haben, scheint bei den Wiederkäuern

nur der Labmagen (Drüsenmagen) der Pepsin- und Säureabsonderung zu dienen. deren Mägen sind, wie zunächst der Pansen, Reservoirs der noch wenig zerkleinerten Speisen, in denen sie vor Allem unter der Einwirkung des bei diesen Thieren in grosser Menge abgesonderten Speichels und der mitverschluckten Luft der Gährung, Fermentation und Quellung unterliegen. Hierbei steigt die Temperatur bis über  $39^{\circ}$ , oft unter der Gasentwicklung. Die Massen reagiren schwach alkalisch. Wie im Kropf der Vögel, wirken auch in den Vormägen, welche vergleichend-anatomisch der Speiseröhre zugeordnet sind, die hier eintretenden Vorgänge ganz im Sinne der Mund-, resp. Speichelfermentation, wenn auch das Sekret wirklich selbst keine diastatische Wirkung besitzen sollte. ENDORFER gibt an, dass die drei Vormägen von Wiederkäuern, welchen die Labdrüsen fehlen, doch ein verdauungskräftiges Ferment und zwar Pepsin liefern. Er denkt an eine Infiltration des im Labmagen gebildeten Pepsins in die Schleimhäute der Vormägen, wohin es aus ersterem gelangen könne, oder es sei das Pepsin ein all sich bildender Stoff, der aber nur im Magensaft in grösseren Mengen zur Auswirkung gelange. In den Vormägen mag die Verdauung der Cellulose beginnen, welche bei Wiederkäuern in reichlichem Maasse erfolgt. Auch bei fleischfressenden Thieren kommen Vögel-Mägen vor, über deren physiologische Bedeutung man noch wenig unterrichtet ist. Über die quantitative Zusammensetzung des Magensaftes verschiedener Thiere vermittelst dem des Menschen haben wir von C. SCHMIDT genaue Untersuchungen; nach seinen Ergebnissen findet sich die Zusammensetzung: in Procenten:

	Mensch (im Mittel)	Hund (im Mittel)		Schaf:	Pferd
	speichelhaltiger Magensaft:	speichelfrei:	speichelhalt.:		(nach FREYRICHS):
Wasser . . . . .	99,440	97,30	97,12	98,645	98,28
Organische Stoffe . . . . .	0,560	2,70	2,88	1,385	1,72
Stickstoff . . . . .	0,340	1,74	1,73	0,405	0,98
Phosphor . . . . .	0,146	0,25	0,34	0,436	0,74
Kalium . . . . .	0,055	0,44	0,44	0,152	
Natrium . . . . .	0,006	0,06	0,17	0,044	
Ammonium . . . . .	—	0,05	0,05	0,047	
Salzsäure . . . . .	0,20	0,31	0,23	0,123	
Phosphorsaurer Kalk . . . . .	0,042	0,17	0,23	0,148	0,74
Phosphorsaure Magnesia . . . . .		0,02	0,03	0,057	
Phosphorsaures Eisenoxyd . . . . .		0,04	0,04	0,033	

den menschlichen Magensaft berechnet MARCET 0,253% freie Salzsäure (cf. oben). Er fand bei Hunden im Magensaft (speichelhaltig) 0,098—0,132% Salzsäure, ausserdem 0,39% Milchsäure. Die Magensaftsekretion war durch Darreichung von Knochen, was in Betreff der Milchsäure wichtig erscheint.

Auszüge der Magenschleimhaut des Hechts verdauen Eiweissstoffe nach FICK, und HOPPE-SEYLER am raschesten bei  $20^{\circ}$ , nicht bei  $40^{\circ}$ , wie das gewöhnliche Pepsin. In der halb der Einmündung der Gallenblase gelegene kleine Abschnitt des Darmtractus der Hechten (C. tinca, Chondrostoma nasus, Scardinius erythrophthalmus, Abramis baicalicus) hat keinerlei verdauende Wirkungen (BRÜCKE, HOPPE-SEYLER und HOMBURGER). Das unterhalb gelegene Darmstück, sowie dessen ausgedrückter Inhalt verdauten sich in vielen Fällen Stärkemehl. Dieselben Wirkungen zeigten das Extract der Hechte und die Galle. Letztere spalteten auch von Fetten Fettsäuren ab. Die Wirkung ist Pancreas analog. — CH. RICHER untersuchte den Magensaft von Haifischen und anderen fleischfressenden Fischen und fand denselben als keine Flüssigkeit, sondern eine feste cohärente Masse von stark saurer Reaction, welche auf Salzsäure berechnet werden kann. Er hält im Magensaft die Salzsäure z. Th. an organische Stoffe als »eine Art saures Salz« gebunden. Der »Magensaft des Krebses« wird von den sogenannten »Lebern« secernirt, massigen tubulösen Drüsen, welche in den untern

Abschnitt des Magens münden. HOPPE-SEYLER erklärt dieselben für *Pancreas*. Ihr Saft der »Magensaft«, verdaut Albumin ohne Quellung, verdünnte Salzsäure (0,2%) unterbricht diese Verdauung. Der Saft führt Stärke in Zucker über und spaltet Fett in freie Säure und Glycerin. KRÜCKENBERG findet darin Pepsin und Trypsin. Bei vielen Arthropoden kommen diese Fermente einzeln vor.

**Fleischfressende Pflanzen.** Sehr merkwürdige Beobachtungen wurden von CH. DARWIN, HOOKER und BURDON-SANDERSON u. A. gemacht, aus welchen sich ergibt, dass einige durch Reizbarkeit ausgezeichnete Pflanzen, welche mit Fangvorrichtungen für Insekten ausgestattet sind, von letzteren Nahrungsstoffe in sich aufnehmen können. Sie ergiessen dabei ein deutlich sauer reagirendes Sekret, welches Eiweissstoffe unter Bildung von Peptonen in sich aufnimmt, welche letztere von der Pflanzenoberfläche resorbiert werden können. Die Pflanzen sind Droseraceen (*Drosera rotundifolia*), *Pinguicula*, *Nepenthes*arten u. a. Nach DARWIN wird nur dann Pepsin von diesen Pflanzen gebildet, wenn dem Blatte ein stickstoffhaltiger Körper zur Resorption dargeboten wird. Nach GORUP und WILL verläuft die Fibrinverdauung (bei *Nepenthes*) am raschesten bei Zusatz von Ameisen-, Äpfel- und Citronensäure; ersterer wurde auch in gekeimten Samen Pepsin gefunden, KRÜCKENBERG in *Myxomyceten*-Plasmodien.

**Zur historischen Entwicklung der Verdauungslehre.** — 2. Die Magenverdauung. Es pflegte das Alterthum (HIPPOKRATES) die Magenverdauung mit einer Kochung zu vergleichen. Es war bekannt, dass die Speisen im Magen sich lösen, zu einem Brei verflüssigen. GALEN, der eine genaue Beschreibung des Magens liefert, sagt z. B. vom Pylorus er werde Pfortner genannt, »weil er wie ein guter Thürhüter darüber wacht, dass nur aufgelöste und verdaute (gekochte) Speisebrei durch seine enge Pforte hindurchgeht, während er, sobald sich etwas Unverdautes oder Hartes ihm naht, die Oeffnung vor ihm zuschliesst und dasselbe zurücktreibt in den Grund des Magens«. Analog der Bearbeitung der Speisen in der Mundhöhle dachte man auch an eine mechanische Zerreibung durch die Magenwände, wozu bekanntlich bei dem Menschen die mechanischen Einrichtungen fehlen. Die chemische Auflösung der Speisen stellte man sich später unter dem Bilde einer Gährung (Fermentation) (BOERHAAVE) vor, wobei die chemischen Bestandtheile der Speisen selbst auf einander einwirken sollten; in wie weit die neueren Anschauungen auf diese Annahme zurückkommen, wurde oben dargestellt (cf. Speichel im Magen). HALLER nannte den Vorgang im Magen Maceration. Auch an wahre Fäulnisvorgänge (Putrefaktion) der Speisen wurde gedacht. Andere nahmen eine Anzahl kleiner Würmer an, welche die Speisen im Magen angriffen und zerkleinerten.

Im Jahre 1732 führte RÉAUMUR den Beweis, dass der Magen eine Flüssigkeit absondert, den Magensaft, welcher auf die Speisen lösend einwirke. Seine und später SPALLANZANI'S Versuche waren zunächst gegen die Theorie von den mechanischen Einflüssen des Magens auf die Verdauung gerichtet. Sie liessen Speisen, Fleisch, Brod, Knorpel etc. in durchlöcherter Kapseln verschlucken und beobachteten, dass diese Stoffe, auf welche kein Druck von den Magenwänden ausgeübt wurde, nichtsdestoweniger verdaut werden. RÉAUMUR und später SPALLANZANI waren die ersten, welche mit natürlichem Magensaft ausserhalb des Magens Verdauungsversuche anstellten. Sie verschafften sich den Magensaft dadurch, dass sie Schwämme an Fäden befestigt verschlucken liessen, die den Magensaft einsaugten. SPALLANZANI schob die Schwämme in dünne, metallene, durchlöcherter Röhren ein, die er die Thiere verschlucken liess und nach einiger Zeit durch Erbrechen wieder entleeren liess. Menschlichen Magensaft suchte er dadurch zu erhalten, dass er bei nüchternem Magen mechanisch Brechen erregte. Früher pflegte man sich fälschlich den Magensaft dadurch zu verschaffen, dass man Thiere mehrere Tage fasten liess und nach dem Schlachten den Mageninhalt untersuchte, der bei Wiederkäuern dann in ziemlicher Masse vorhanden ist; nach MACQUART liefert ein hungernder Ochse anderthalb Pfund, offenbar, obwohl sauer reagierend, der Hauptmasse nach Speichel. Alle die anderen oben angeführten Methoden der Gewinnung konnten den Magensaft nur mit Schleim, Speichel etc. vermischt liefern, übrigens auch nur in geringer Menge.

Da man den Magen für das Universalverdauungsorgan hielt, so schrieb man zunächst

den Magensaft die Eigenschaft zu, für die verschiedenen Nahrungsmittel ein Universalauflösungsmittel zu sein. So gab SPALLANZANI (1783) an, dass der Magensaft, den er nur bei vegetabilischer Nahrung für sauer hielt, Auflösungsmittel für die Nahrungsstoffe sowohl ausser als dem Körper sei, dass er bei gewöhnlicher Temperatur nicht faule, thierische Stoffe vor sich bewahre und sie mit Hülfe von Wärme auflöse. CARMINATI fand bald darauf (1785) den Unterschied in der Reaktion des Magensaftes (Magenschleimes) fastender und verdauender fleischfressender Thiere. Bei den ersteren fand er den Magensaft nicht sauer, stark sauer bei den letzteren. Mit Recht bezeichnet BERZELIUS diese Beobachtung als den ersten Lichtstrahl der Erforschung dieses Gegenstandes. Man würde aber sehr irren, wenn man glaubte, dass CARMINATI durch seine Beobachtung sogleich auf die Annahme der Absonderung eines sauren Saftes im verdauenden Magen geführt worden wäre. CARMINATI suchte den Magensaft der fleischfressenden Thiere dadurch künstlich nachzuahmen, dass er 2 Quentchen frisches Rindfleisch mit 4 Unze Brunnenwasser und 5 Gran Kochsalz in einem Glas bei einer Temperatur von ungefähr 100° Fahr. = 37,7° C. 46 Stunden lang digerirte, dann die Flüssigkeit abgoss, welche nun die Lakmustinktur röthete. Dieser künstliche Magensaft (sic!) CARMINATI'S wurde durch wiederholtes Digeriren mit frischem Fleische stärker und dem natürlichen noch ähnlicher gemacht werden! Wenn diese Beobachtung auch für die Erklärung des sauren Magensaftes von keiner Bedeutung ist, so enthält sie doch die erste Angabe von der Veränderung der Reaktion des Fleischsaftes von der neutralen zur sauren bei der Temperatur des Körpers, eine Beobachtung, welche für die Muskel- und Nervenphysiologie von so entscheidender Bedeutung werden sollte. Uebrigens fand CARMINATI auch den Magensaft kräuterfressender Thiere unter Umständen sauer. Erst 1800 zeigte WERNER, dass die Masse im Magen sowohl bei fleisch- als grasfressenden Thieren während der Verdauung stets sauer sei. Noch einmal wurde im Jahre 1812 durch MONTEGRE, der das Vermögen besass, willkürlich zu brechen, die Saureigkeit des Magensaftes vollkommen geleugnet, seine Säuerung für das Zeichen einer stehenden Zersetzung erklärt. Im Jahre 1824 zeigte PROUT wieder, dass der Magensaft wirklich sauer ist, und dass diese Säuerung zunächst nicht von einer organischen, sondern von einer anorganischen Säure bedingt sei, und zwar von Salzsäure. MACQUART wollte bei Wiederholungen (1786) freie Phosphorsäure im Magensaft gefunden haben, im Magensaft des Kalbes aber Milchsäure beobachtet, während MORVEAU die Magensaftsäure als eine eigenthümliche organische Säure auführte. PROUT verschaffte sich seinen Magensaft aus dem Magen verdauender Thiere. TIEDEMANN und GMELIN hatten selbständig den Beweis geliefert, dass der Magensaft einen Gehalt an freier Salzsäure besitze, sobald Nahrungsstoffe verschluckt worden sind. Nach TIEDEMANN und GMELIN ist der Magensaft, aus leerem Magen mit vielem Schleim vermischt, nicht sauer. Neben der Salzsäure fanden sie im Magen des Pferdes auch Essigsäure und Buttersäure; BERZELIUS: Milchsäure. TREVIRANUS glaubte zu finden, dass die Masse aus dem Darmkanal von Hühnern, mit Wasser vermischt und in einer Porzellanschale digerirt, die Glasur derselben stark angriff. TIEDEMANN und GMELIN gelang es dagegen nicht, im Magensaft einer Thiere die auch nach älteren Angaben vermuthete Fluorwasserstoffsäure nachzuweisen. Im Jahre 1834 musste noch BERZELIUS seine Beschreibung des Magensaftes mit den Worten abschliessen: »Man weiss durchaus nicht, ob die im nüchternen Zustand abgesonderte nicht saure Flüssigkeit von denselben Gefässen, wie die saure während der Verdauungszeit erzeugt wird, oder ob sie von verschiedenen und für jede eigenthümlichen Gefässen secernirt werden, gleichwie z. B. der Schleim aus eigenen Drüsen abgesondert wird. Wenigstens hat man bis jetzt keine die Absonderung des Magensaftes eigenthümliches Absonderungsorgan entdecken können.« MAGENDIE, an der Grenze der Neuzeit (1820), sagt ähnlich bescheiden über die damaligen Verdauungshypothesen: »Die Beschaffenheit der chemischen Veränderungen, welche die Speisen im Magen erleiden, ist unbekannt. Wenn man auf diese (bis zu jener Zeit aufgestellten) Systeme die strenge Logik, welche von jetzt an in der Physiologie herrschen muss, anwendet, so kann man in denselben nichts finden, als eine Folge des Bedürfnisses, welches der Mensch hat, seiner Einbildungskraft zu genügen, und sich über Gegenstände, welche ihm unbekannt sind, zu täuschen. War man denn wirklich um Vieles weiter gekommen, als man



gesagt hatte, die Verdauung sei eine Kochung, eine Gährung, eine Maceration? Nein, denn man verband keine bestimmten Begriffe mit den Worten. Es scheint mir, dass wir uns heute noch eine berechtigte Lehre aus diesen Worten des grossen Physiologen ziehen dürfen.

Wir sehen die Erkenntnisse über die Vorgänge im Magen von den dreissiger Jahren unseres Jahrhunderts an eine rasche Entwicklung nehmen. Das Wichtigste, was neu gewonnen wurde, war unstreitig die Erkenntniss der Absonderungsorgane des Magensaftes. Früher hatte man wohl die kleinen mit blossen Auge wahrnehmbaren Grübchen als Drüsen betrachtet. MAGENDIE behauptete, dass man in der Pfortnerhälfte des Magens eine grosse Anzahl von »Schleimbälgen« bemerke, denen ein Einfluss auf die Menge und Beschaffenheit der daselbst abgesonderten Flüssigkeit zugeschrieben werden könnte. Im Jahre 1831 wurde nachgewiesen (SPROTT, BOYD), dass in jedes der oben genannten Magengrübchen eine Anzahl verschiedener Drüsenröhrchen münde. 1830 erkannte BISCHOFF die Verschiedenheit der Drüsen an der Pars pylorica des Hundemagens von den übrigen Magendrüsen. WASHAM, TODD und BOWMAN, HENLE, KÖLLIKER, KRAUSE, DONDERS setzten die Beobachtungen fort. BÄCKSTRÖM entdeckte die Muskelschicht der Schleimhaut, GERLACH studirte die Gefässvertheilung.

Der weitere Fortschritt bestand darin, dass es glückte, die Magenabsonderung im Magen eines lebenden Menschen direct zu beobachten. Im Jahre 1834 erschienen zu Boston die Untersuchungen BEAUMONT's über den Magensaft und die Physiologie der Verdauung, welche an einem Manne, St. Martin, angestellt waren, der durch eine Schusswunde eine zufällige Magenfistel davon getragen hatte (S. 289). Ein ähnlicher Fall wurde 1835 durch BIDDER und SCHMIDT (GRÜNEWALD und SCHRÖDER) bei einer gesunden esthnischen Bauerin beschrieben. Neuere Fälle von menschlichen Magen fisteln cf. oben l. c. Die zufälligen Magen fisteln erweckten den Gedanken, solche künstlich an Hunden anzulegen. Die ersten Magen fisteln wurden von BASSOW 1842 und BLONDLOT 1843 angelegt, wodurch die Untersuchungen über die Magenverdauung wesentlich gefördert wurden. BARDELEBEN verbesserte die Methode an Hunden, BIDDER und SCHMIDT legten eine Magen fistel bei einem Schafe an.

Neben der Verbesserung der Methode wurde auch ein tieferer Einblick in den Mechanismus der Verdauung angestrebt. Die Entdeckungen über die freie Säure im Magen hatten zunächst auf den Gedanken gebracht, dass sie es sei, unter deren Wirkung die Lösung der aufgenommenen Speisen stattfindet. Eine genauere Beobachtung (BEAUMONT, J. MÜLLER) führte dagegen zu dem Schluss, dass in den Säuren allein die Ursache der Magenverdauung nicht liegen könne (cf. S. 284).

In demselben Jahre, in welchem BEAUMONT's wichtige Untersuchungen bekannt wurden (1834), trat auch EBERLE mit Beobachtungen auf, nach welchen dem »Magenschleim« das Vermögen zukommen sollte, in sauren Flüssigkeiten Eiweissstoffe, Fleisch und leimgebende Stoffe zu lösen. Weder der Schleim allein noch die Säure allein sei dazu im Stande. EBERLE beobachtete, dass dabei die Eiweissstoffe ihre Fähigkeit zu gelatiniren verloren. Er hatte damit die Grundlage der modernen Verdauungslehre gelegt, doch hatte er zunächst allein dem Schleim die gleiche Wirkung wie dem »Magenschleim« zuerkannt. 1836 wurden die Beobachtungen EBERLE's von J. MÜLLER und SCHWANN bestätigt, doch die lösende Wirkung auf den »Magenschleim« beschränkt. Man gewann die Flüssigkeit zur künstlichen Verdauung dadurch, dass man den Labmagen des Kalbes abpräparirte, so lange mit Wasser wusch, bis sie nicht mehr sauer reagierte, und dann trocknete. So konnte die Schleimhaut aufbewahrt werden und war jederzeit zu den Versuchen anwendbar. SCHWANN setzte die Untersuchungen über die Natur des »Verdauungsprincipes« noch weiter fort. Er fand, dass das »Verdauungsprincip, Lab oder Pepsin« in Wasser löslich sei, es war also nicht der Schleim selbst. SCHWANN studirte die Frage, wie die Säure zur Verdauung mitwirke und die Aehnlichkeit der Verdauung mit den »Fermentwirkungen«. SCHWANN versuchte auch das Pepsin darzustellen; er fällte es durch essigsaures Blei; aus dem Niederschlag gewann er es mit seinen Eigenschaften wieder, indem er es durch Schwefelwasserstoff vom Blei trennte. PAPPENHEIM und WASHAM (1839) haben diese Beobachtungen fortgesetzt und erweitert. Der Letztere verfuhr bei seinen Versuchen, das Pepsin darzustellen, analog wie SCHWANN; FRIEDRICHS fällte es mit Alkohol.



**SCHMIDT mit Sublimat.** Eine Methode, nach welcher man (ziemlich peptonfreies) Pepsin holt, stammt von BAÜCKE her, der durch eine Fällung durch phosphorsauren Kalk und durch Cholesterin das Pepsin mechanisch niederreisst und dann von den Beimischungen trennt. Dieser Art dargestellt gibt es nur spurweise Eiweissreaction. Nach v. WITTICH zieht man Pepsin durch Glycerin aus der Schleimhaut aus. In Beziehung auf die Theorie der Pepsinwirkung glaubt C. SCHMIDT, dass im Magensaft das Pepsin mit der Salzsäure zu Perchlorwasserstoffsäure verbunden sei. Diese Säure gebe (nach den neuesten Darstellungen) Salzsäure bei der Verdauung an die Albuminate ab, welche diese im status nascens in Peptone verwandele; das freigewordene Pepsin verbinde sich wieder mit Salzsäure, wodurch der Process von Neuem beginnt. Aehnlich ist die Meinung HOPPE-SEYLER'S S. 284.

Die Veränderungen, welche die Nahrungsstoffe im Magen erfahren, waren auf die Albuminate und die leimgebenden Substanzen beschränkt. SCHWANN zeigte nach der Entdeckung BRÜCKE'S über die verdauende Wirkung auf Stärke, welche TIEDEMANN und GMELIN auch im Speichel beobachtet hatten, dass diese Wirkung auf mitverschluckten Speichel zu beziehen sei. Die Veränderung, welche die Albuminstoffe im Magen erfahren, keine Fäulniss sei, wurde durch die Beobachtung der antiseptischen Eigenschaften des Magensaftes (d. h. seiner Sterilität) (BEAUMONT u. A.) widerlegt. Früher hatte man geglaubt, die löslichen Eiweissstoffe würden unverändert resorbirt. Zuerst beobachtete man dagegen die Gerinnung des Käsestoffs der Milch im Magen. PROUT und BEAUMONT fanden, dass auch Eiweiss durch Magensaft umgewandelt werde, so dass es seine Gerinnungsfähigkeit verliert. EBERLE untersuchte die Eigenschaften der im Magensaft aufgelösten Proteinverbindungen. MIALHE wies die grosse Uebereinstimmung derselben nach und nannte sie »Albumose«. Genauere Untersuchungen der »Peptone« verdanken wir LEHMANN und MEISSNER, welche den Bildungsgang der Peptone genauer zu zergliedern suchten. BRÜCKE'S und v. WITTICH'S Untersuchungen über die Verdauung haben in der neuesten Zeit die wesentlichsten Aufschlüsse ertheilt.

**Ärztliche Betrachtungen und die Untersuchung der Magenkontenta.** — Nach Jodkalium, Eisen ins Blut und sonstiger Einführung gehen in den Magensaft über: Jodkalium (als Jodkalium), Rhodankalium, milchsaures Eisenoxyd, Ferrocyankalium, Zucker u. a.

Concentrirte Lösungen von Alkalisalzen reizen die Magenschleimhaut, rufen ein reichliches Transsudat hervor und schaden dadurch der Magenverdauung, so wirken kohlensaures Natron und schwefelsaure Magnesia, auch Kochsalz in hoher Concentration. Die Wirkung von Metallsalzen cf. oben S. 187.)

Galle und Speichel wirken, wenn sie in grossen Mengen in den Magen gelangen, anregend, sie neutralisiren das Magensekret vermöge ihrer alkalischen Reaction. Die Gallensäuren fällen Pepton aus, wobei auch das Pepsin z. Thl. mitgerissen wird. Geringe Mengen in den Magen ergossen stören aber, wie es scheint, die Verdauung wenig, was Pepsin unwirksam wird, wird wohl überreichlich ersetzt durch das mit der Galle in den Magen tretende Pankreassekret, dessen Wirkung in galligem Erbrochenen nachweisbar ist.

Im Erbrochenen haben wir den verschiedensten Mageninhalt gemischt mit den Elementen des Auswurfs (cf. diesen) vor uns. Auch Galle findet sich häufig beigemischt; manchmal macht sie die Hauptmasse des Erbrochenen aus. Bei Magenkatarrhen findet sich im Erbrochenen viel Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, die sich nach HOPPE-SEYLER vornehmlich dann bilden, wenn die natürliche Säure im Magen fehlt. Gewöhnlich versteht man diesen Zustand unter »Dispepsie«, eine Dyspepsie (Störung der normalen Verdauung). Ein Mangel an abgesondertem Pepsin ist noch nicht constatirt. Die angeführten abnormalen Bestandtheile des Magensaftes brauchen an sich die Verdauung nicht zu hindern. Namentlich wirkt Milchsäure bei der Verdauung ganz ähnlich wie Salzsäure, dasselbe thut Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Essigsäure, Ameisensäure, Weinsäure, Citronensäure wirken viel schwächer. Bei krankhaften Veränderungen des Magens findet sich im Erbrochenen häufig Blut, das durch den Magensaft meist in eine kaffee-

satzähnliche, bräunliche Masse verändert ist (S. 284). Manchmal ist das erbrochene Blut flüssig. Daneben finden sich bei Zerstörungen des Magens Gewebsbestandtheile der Krebszellen und Zellen anderer Pseudoplasmen, Pilze, Infusorien etc.

Fig. 65a.



Formbestandtheile erbrochener Massen. a Labzellen; b Cylinderepithelien; c Schleimkörperchen; d Plattenzelle der Mundhöhle; e Sarcina ventriculi; f Cryptococcus carvisiae; g Amylonkörper; h Fetttropfen; i Muskelfaser.

Das Mikroskop kann ausser den bei dem Auswornannten Epithellen etc. noch zeigen: Cylinderzellen, körpchen, Pigmentzellen, Blutkörperchen, Pilze Sarcina ventriculi und gewöhnliche Gährpilze. Als Speisereste: Stärkekörner, Pflanzenreste, Pflanzfässer, Spiralfasern, Chlorophyllkörner, Fetttropfchenzellen, Muskelstückchen, glatte Muskelfasern, Bindegewand und elastische Fasern (Fig. 65a).

In dem grünen und blauen Erbrochenen (aus aeruginosa) ist der färbende Bestandtheil in den erbrochene, von der Salzsäure desselben in Bitterverderb Bilicyanin (HEYNAUS) oder Cholecyanin (S. veränderte Galle. STORVIS zeigte, dass der Gallenfärbstoff durch die verschiedensten Oxydationsmittel, auch Salzsäure bei Gegenwart von Ozon in den blauen Farbstoff umgewandelt werden kann. Bei Cholera und Urticaria (letztere auch künstlich bei Thieren hervorgerufen) im Erbrochenen Harnstoff oder kohlensaures Ammoniak

nachgewiesen, letzteres aus dem ersteren vielleicht erst im Magen entstanden. Erbrochene reagirt dann stark alkalisch.

Bei Magendilatationen, Gasteroectasie findet R. VAN DEN VELDEN im Magen stets Pepsin und meist freie Salzsäure, es fehlt aber die Salzsäure dauernd in anderen Fällen, welche sich bei krebsiger Entartung entwickeln; bei Magenkatarrhen, fieberhaften Zuständen kann die Salzsäure im Magensaft vorübergehend fehlen.

## **Achtes Capitel.**

### **Verdauungsvorgänge im Darne.**

---

#### **Der Dünndarm ist das Hauptverdauungsorgan.**

Der saure Speisebrei, der noch bedeutende Mengen aller der Stoffe unverändert in sich enthält, die der Einwirkung des Magensaftes und Speichels ausgesetzt waren, gelangt durch den Pförtner stossweise in kleinen Partien in den Dünndarm, um dort noch weitere Veränderungen zu erleiden. Theilweise sind die Veränderungen ganz derselben Art und betreffen die gleichen Stoffe, wie sie in den beiden letzten Capiteln besprochen haben. Die Eiweissstoffe und das Stärkemehl werden noch möglichst vollständig gelöst und diffusionsfähig gemacht, in Pepton und Zucker umgewandelt. Die im Magen eingeleitete Gährungs- und Säuregährung geht wohl im ganzen Dünndarm ebenfalls fort (BRÜCKE).

Andererseits findet im Darne eine Stoffgruppe die Bedingungen ihrer Aufnahme, die bisher noch keine Verdauung erfahren hatte: die Fette.

Um dieses complicirte Resultat der Stoffumänderung zu erreichen, erhält der Darm mehrere Verdauungsflüssigkeiten. Seine Schleimhaut selbst und die in ihr enthaltenen meist schlauchförmigen Drüsen liefern ein Sekret: den Darmschleim oder Darmsaft. Ausserdem ergiesst sich in den Zwölffingerdarm das Sekret der Bauchspeicheldrüse, der Saft des Pankreas, und dort mit dem Produkte der Leberabsonderung: der Galle, zusammentrifft.

Diese drei für die Verdauung wirksamen Säfte mischen sich dem von dem Magen kommenden Chymus bei und vollenden die Veränderungen, die zur Überführung der in letzterem enthaltenen Nahrungsstoffe in die Säftemasse des Körpers nothwendig sind. Was Mundhöhle und Magen begonnen und vorbereitet, wird von dem Darne vollendet. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Dünndarm als Hauptorgan der Verdauung zu betrachten ist.

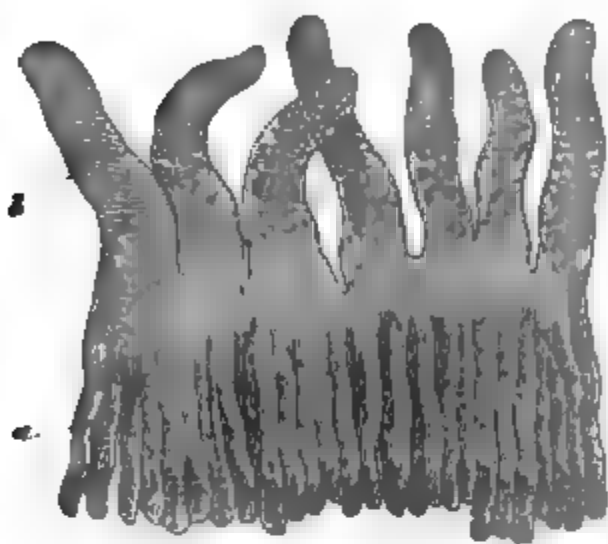
Die Sekrete, welche sich im Darm dem sauren Chymus zumischen, sind theilweise alkalisch; von Aussen nach Innen schreitet daher in dem in den Darm übergetretenen Chymus eine Umwandlung der saueren Reaktion in eine alkalische vor, die schon, ehe er die Mitte des Dünndarms erreicht hat, vollendet ist.

#### **Darmschleimhaut und Darmsaft.**

Wir beginnen mit dem Darne und dem spärlichen Sekrete seiner Schleimhaut und deren Drüsen, dem Darmschleime oder Darmsafte.

Die Schleimhaut des Darmes ist dünner als die des Magens. Wir sehen in ihr dicht gedrängt, eine neben der anderen, einfach schlauchförmig Drüsen: die LIEBERKÜHN'schen Drüsen, die Schleimhaut senkrecht auf ihre Oberfläche durchsetzen. Sie entsprechen den Magenschleimdrüsen im Bau

Fig. 66.



Die Dünndarmschleimhaut der Katze im senkrechten Durchschnitte. a Die LIEBERKÜHN'schen Drüsen; b die Darmzotten.

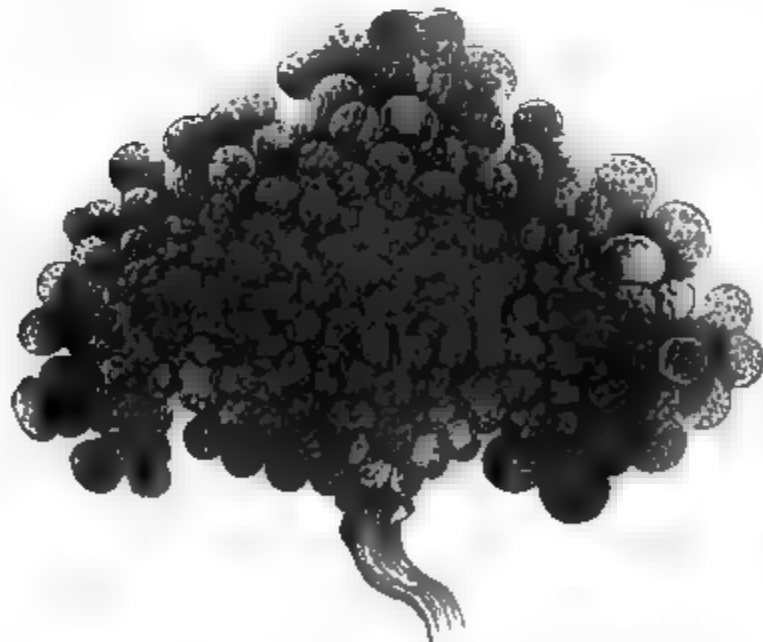
wie in jene setzt sich auch in diese das Cylinderepithel der Darmschleimhaut ununterbrochen fort und kleidet sie vollständig aus. Die innere Darmschleimhaut erhebt sich in zahlreiche feine Faltungen und Zotten, die in Cap. IX zu beschreibenden Darmzotten, welche der Oberfläche ein sammtartiges Aussehen verleihen. Rings um diese Darmzotten öffnen sich die LIEBERKÜHN'schen Drüsen (Fig. 66). Sie sind im ganzen Darne verbreitet. Ihre Länge wird durch die Dicke der Schleimhaut bedingt, da sie dieselbe in ihrer ganzen Dicke durchsetzen: 0,3 — 0,4 mm, ihre Breite beträgt 0,06 — 0,08 mm. Jede Drüse zeigt eine zarte, von einer Membrana propria gebildete Hülle.

Die Blutgefässe umspinnen die schlauchförmigen Darmdrüsen ziemlich ebenso, wie wir es bei den Magendrüsen gesehen haben.

Die Nerven sind mit Sicherheit noch kaum weiter als in das submucöse Bindegewebe des Darmes verfolgt, wo sie überraschend reiche Geflechte bilden, in denen MEISSNER eine grosse Anzahl von Ganglienzellen entdeckt, welche zweifellos als nervöse Bewegungs- und Sekretions-Centralorgane des Darmes aufzufassen sind, und diesem die grosse Selbständigkeit in den betref-

fenden Beziehungen ertheilen, von der wir unten hören werden.

Fig. 67.



Die BRUNNER'sche Drüse des Menschen.

Ausser den LIEBERKÜHN'schen Drüsen finden sich in dem obersten Abschnitte des Darmes, das Duodenum beschränkt, noch traubenförmige Drüsen: BRUNNER'sche Drüsen, welche in ihrer Gestalt, Grösse und im Bau Analogien mit den traubenförmigen Mundschleimdrüsen, in ihrer physiologischen Funktion wahrscheinlich mit der Pankreasdrüse zeigen. Sie stehen von dem Pylorus an bis zur Einmündungsstelle des Gallenganges. Direct am Magen bilden sie eine

zusammenhängende Lage. Sie sitzen unter der eigentlichen Schleimhaut und senden ihre Ausführungsgänge durch diese hindurch. Ihre Grösse beträgt von

2—1,0 mm, so dass man sie mit blossen Auge zu sehen bekommt, wenn man die Schleimhaut von der Muskelhaut abzieht (Fig. 67, S. 300). Ihre Blutgefässe verhalten sich analog wie die der Schleimdrüsen der Mundschleimhaut. In Hungerzustande sind die Drüsenzellen trübe und klein, sie werden aber weiss und hell bei der Verdauung. (Physiologisches cf. bei Pankreas.)

Im ganzen Darms finden sich noch reichlich »geschlossene Follikel«. Sie sind den bisher in den Schleimhäuten beschriebenen entsprechend gebaut und sind hier wie dort als einfachste Lymphdrüsen zu betrachten, an welche die Lymphgefässkapillaren aus der Darmschleimhaut und zwar besonders aus den Zotten derselben herantreten, und von denen dann weitere Lymphgefässen wieder abgeben. Die geschlossenen Follikel finden sich hier entweder einzeln: solitäre Follikel: *Glandulae solitariae*, oder zu Haufen vereinigt in den PEYER'schen Follikelhaufen. In Bau und Grösse zeigt sich zwischen den Follikeln kein Unterschied. Im Dickdarm finden sich die geschlossenen Follikel in grösserer Anzahl als im Dünndarm, besonders stehen sie im Wurmstutzen gedrängt. Sie sind dort etwas grösser und zeigen über sich regelmässig eine Einsenkung der Schleimhaut, die man nicht mit einer Drüsenmündung verwechseln darf.

Die spärliche mucinhaltige Absonderungsflüssigkeit der LIEBERKÜHN'schen Drüsen und der Epithelzellen des Darms hat man als Darmsaft oder Darmschleim bezeichnet. Die Art der Einwirkung des Nervensystems auf den Absonderungsvorgang hat man noch nicht sicher nachweisen können. Wahrscheinlich sind es, wie wir auch bei der Magensecretion vermutheten, zunächst die Ganglienzellen des Darmes selbst, welche die Absonderung anregen.

Durch electriche Nervenreizung, z. B. des Vagus, sah man bisher keine Absonderung eintreten. Dagegen bringen mechanische oder chemische Reize, z. B. 0,4 % Salzsäure, oder electriche Reize durch Inductionsschläge direct die Schleimhaut selbst einwirkend ziemlich reichliche Sekretion hervor, dabei röthet sich die Darmschleimhaut durch gesteigerte Blutzufuhr (SCHIFF). Manchmal scheint die abgesonderte Darmschleimmenge sehr gering (THIRY).

Um reinen Darmsaft zu gewinnen, wird bei einem hungernden Hund ein 4—15 cm langes Darmstück aus dem ganzen Darms so ausgeschnitten, dass es mit seinen Blutgefässen, Serosahaut, Nerven etc. in normaler Verbindung bleibt. Die beiden Enden des durchgeschnittenen Gesamtdarmes werden vereinigt durch Darmnaht, so dass der Zusammenhang des Darmrohres wieder hergestellt ist, welches nur um das ausgeschnittene Stück sich verkurzt findet. Letzteres wird an dem einen Ende, durch Nath geschlossen, vollkommen wieder in die Bauchhöhle herein gebracht, das andere offene Ende als Fistelöffnung an die Bauchwand befestigt. Nach der Heilung bleibt die Darmfistel bestehen, durch welche man in das ausgeschnittene, nun blind endende Darmstück gelangen kann (THIRY).

3 □ cm Darmoberfläche secerniren nach THIRY in einer Stunde 4 Gramm Saft. Der kurze Darm des Hundes, der etwa 339 cm lang ist, würde danach in 3 Verdauungsstunden 40 Gramm Saft absondern können; doch übersteigt diese Zahl wahrscheinlich die wirklich abgesonderte Grösse nicht unbedeutend, da an eine während so langer Zeit fortgehende ununterbrochene Sekretion kaum zu denken ist.

Der Saft aus solchen Darmfisteln ist bei Hunden dünnflüssig, hellgelb gefärbt, stark alkalisch und entwickelt mit Säuren Kohlensäure. Sein specifisches Gewicht ist im Mittel 1,0107. Er besitzt 2,5 % feste Bestandtheile davon:

Eiweiss . . . . . 0,8043

sonstige organische Stoffe . 0,7337

Asche . . . . . 0,8789, davon kohlensaures Natron 0,345—0,23

ALBINI fand, dass diese ausgeschalteten Darmstücke atrophiren, worauf sich die Wirksamkeit ihres Saftes beziehen mag.

Untersucht man den Schleiminhalt des Darmes nach dem Tode, nachdem sich die Cylinderzellen stark mit Wasser imbibirt haben, so zeigen sich in ihm stets abgestossene Zellen in reicher Menge, auch Schleimkörperchen. Offenbar betheiligt sich auch die Oberfläche des Darmes an der Bildung des Schleimes, so dass die LIEBERKÜHN'schen Drüsen als Flächenvermehrung der Schleimhaut durch Einstülpung zu betrachten sind. Die Schädigung beruht auf einer Mucinmetamorphose des Cylinderzelleninhaltes.

Die Angaben über die physiologische Wirksamkeit des Dünndarms sind noch vielfach widersprechend. Einige Experimentatoren hatten keinen Darmsaft, sondern ein pathologisches Transsudat vor sich.

Der **Dünndarmsaft** wirkt, wenn wir die verschiedenen Angaben zusammenfassen, bei alkalischer Reaction verdauend auf Fibrin (THAY u. A.), Albumin (MASLOFF), frisches Casein, gekochte und frische Muskelsubstanz, vegetabilische Albuminate (KÖLLIKER, SCHIFF u. A.). Es entstehen dabei wahre Peptone (SCHIFF). Der Darmsaft verwandelt Stärke in Zucker (SCHIFF u. A.), Rohrzucker in Glukose (LEUBE u. A.). Oele werden emulgirt (SCHIFF). Die Dünndarmschleimhaut enthält diastatisches Ferment, Trypsin und Pepsin (KÜHNE).

Auch der **Dickdarmschleimhaut** hat man noch verdauende Wirkungen zugeschrieben. M. MARKWALD experimentirte an einem im übrigen gesunden Hunden, welcher einen Anus præternaturalis am Dünndarme besass, wogegen der ganze Dickdarm vollkommen vom Dünndarm getrennt war. Er konnte keine Verdauung im Dickdarm nicht nachweisen. Stärke wurde nicht in Dextrin umgewandelt, Fibrin und geronnenes Eiweiss wurden zwar gelöst aber ohne starker Betheiligung von Spaltpilzen, es entstand Pepton, Tyrosin und so dass der Vorgang als eine Art von Fäulniss erscheint. Auch B. LIEBERKÜHN beobachtete in einem ähnlichen Fall nur Einwirkung auf Amylum, Rohrzucker und Fette, kein Pepsin. Der Dickdarm resorbirt Flüssigkeiten langsam und in geringer Menge, mit dem Wasser werden gelöste Stoffe (auch etwas Pepton) aufgenommen, nicht aber flüssiges Hühnereiweiss. Dagegen fand man auch in der Dickdarmschleimhaut die Fermente der Dünndarmschleimhaut, wenn auch in geringeren Mengen.

HOPPE-SEYLER ist geneigt, die Absonderung eines eigentlichen Darmsaftes vollständig zu leugnen, und meint, dass sich all die angegebenen Versuchsergebnisse erklären lassen durch Anhaften und Infiltration von Verdauungsfermenten in die Darmschleimhaut oder durch Sekreten anderer Drüsen, namentlich des Pankreas. — Mit Rücksicht auf ärztliche Erfahrungen über Darmausscheidungen in Krankheiten scheint die Beobachtung A. M. von Wichtigkeit, dass in gelähmte Darmstücke, d. h. in solche, deren Nerven durchschnitten wurden, sich ein sehr reichliches, eiweisshaltiges, alkalisches Transsudat absondert.

**Historisches über den Darmsaft.** — Aeltere Versuche über den Darmsaft haben meist mit gemischten Sekreten zu thun. FRIEDRICH suchte sich reinen Darmsaft zu verschaffen, indem er ein vorher vorsichtig ausgedrücktes Darmstück, auf welche Weise er zu bestimmten Mengen einer zähen Flüssigkeit aus dem Darm erhielt. ZANDER (BIDDER und SCHMIDT) brachte bei Hunden in den oberhalb auf einen Kork abgebundenen Dünndarm, um den der übrige in den Darm ergossene Drüsenäfte abzuhalten, in einem Tüllbeutel die verdauenden Stoffe: geronnenes Eiweiss und Fleischstückchen, Stärkekleister. Die



gen wurden dann wieder in die Bauchhöhle zurückgebracht. Nach einiger Zeit heraus-  
men zeigte sich aus Stärkemehl Zucker gebildet und vom Eiweiss 6,5%, vom Fleische  
gelöst. KÖLLIKER und H. MÜLLER fanden bei analogem Versuche an einer Katze nach  
den nur noch 40% des eingeführten geronnenen Eiweisses wieder. Busch sah Ei-  
rückchen, welche aus dem Magenende einer Darmfistel beim Menschen unverdaut  
raten, im Dickdarm noch verdaut werden.

JAY, PASCHUTIN u. A. fanden die genannten verdauenden Wirkungen nicht. Der Saft  
steht nur Fibrin zu lösen, wenn seine Reaktion alkalisch gehalten wird. Diese Lö-  
sungsruht auf Anwesenheit eines Fermentes, das sich in ähnlicher Weise wie das Pepsin  
lässt: v. WITTICH stellte das diastatische, zuckerbildende Ferment dar, ebenso PASCHUTIN.  
Die Eiweiss verdauende Wirkung des Dünndarmes ist in der Nähe des Pylorus am grössten,  
eben die BRUNNER'schen Drüsen. KROLOW fand ihr Sekret beim Schwein alkalisch  
b letzteres Stärke in Zucker umwandeln und Fibrin auflösen. Die Drüsen, welche  
ihrem Entdecker BRUNNER benannt werden, wurden schon 1686 entdeckt, von MIDDEL-  
1846 zuerst genau untersucht. Bei Kaninchen finden sich in jener Gegend dem Pan-  
ähnliche Drüsen im Darm (BERNARD). Hier und da auch bei anderen Thieren und  
menschen.

**Der vergleichenden Anatomie.** — Die Schleimhaut des Darmes zeigt bei Säugethieren  
geln deutliche Zotten, auch manchen Fischen fehlen sie nicht. Die Darmschleimhaut  
isten Fische und Reptilien besitzt Leisten und Fältchen, die sich öfters netzartig mit  
er verbinden, wodurch drüsenähnliche Hohlräume (makroskopische) entstehen, z. B.  
rosch. Das Epithel im Darm der Wirbelthiere ist meist, wie im Magen, Cylinderepithel.  
ddarm von Rochen und Haien sowie die Kloake der Vögel trägt Plattenepithel (LEYDIG).  
igern und Vögeln finden sich in der Schleimhaut des Darmes sehr konstant die LIEBER-  
hen Drüsen, bei den Fischen und Reptilien (mit Amphibien) werden sie durch die oben  
ten makroskopischen Bildungen der Schleimhaut ersetzt (LEYDIG). Bei Säugethieren  
igen Fischen finden sich überdies BRUNNER'sche Drüsen, die sich am zahlreichsten im  
en um der Pflanzenfresser finden. Bei Chimären, Rochen und Haien finden sich die  
n Drüsen am entgegengesetzten Darmende (LEYDIG), »fingerförmige Drüsen«. Vögeln,  
n und den meisten Fischen fehlen sie ganz. Die PEYER'schen Follikel finden sich bei den  
durch den ganzen Darm zerstreut. Die Muskularis des Darms ist bei der Schleie (Tinca  
s) ganz und bei Cobitis fossilis grossentheils quergestreift, in der Schleimhaut  
ich ausserdem noch glatte Fasern.

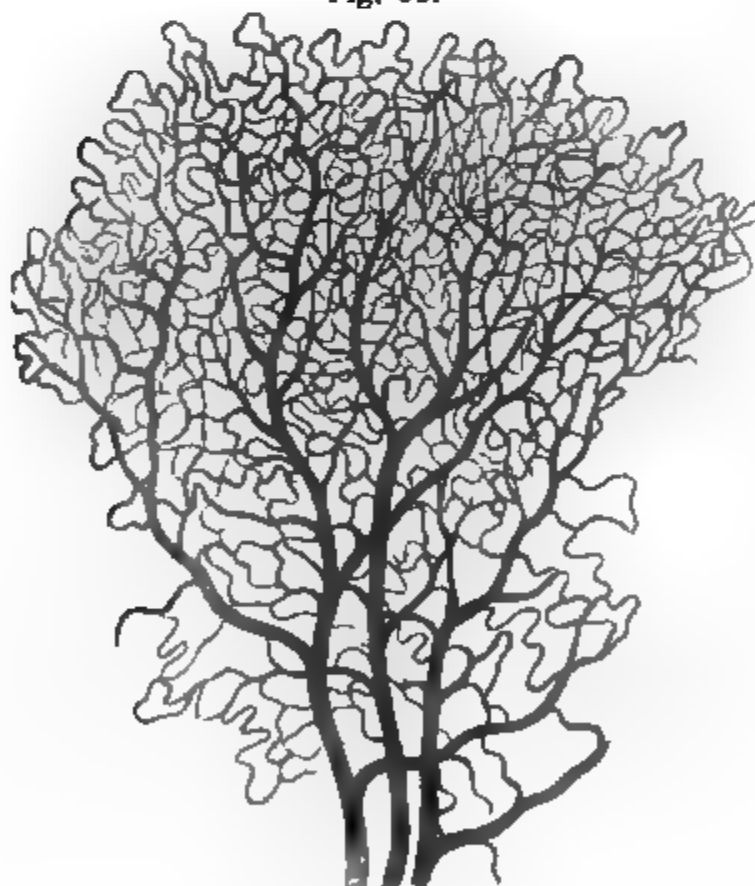
den niedersten Wirbellosen, bei Infusorien, wo eine Mundöffnung ins  
leitet, mangelt öfters noch ein von der Körpersubstanz erkennbar geschiedener  
dieser repräsentirt nur eine canalartige Lücke. Bei der Ernährung einzelliger  
und contractiler Zellen giessen sich die Protoplasmamassen um das zu ergreifende  
n herum oder dieses wird, an ausgesendete Fortsätze geklebt, mit diesen in das Innere  
bes hineingezogen. Unter den Infusorien findet sich bei Trachelius ovum ein baum-  
verzweigter Canal im Innern, der den Darmcanal vorstellt (EHRENBURG u. A.). Bei an-  
fusorien ist Ein- und Ausgang der Darmhöhle öfters deutlicher durch eine Grenz-  
in abgegrenzt, oder wie man gewöhnlich zu sagen pflegt, ein unten offener Oesophagus  
die grosse Verdauungshöhle hinein. In manchen Fällen verdickt sich auch die Grenz-  
in an der Mundöffnung zu haarähnlichen Bildungen (LEYDIG), wodurch z. B. der  
senähnliche Cylinder in dem Munde von Prorodon, Amphileptus anser gebildet wer-  
i den Süsswasserpolyphen, bei denen der Körper schon deutlich aus Zellen be-  
st der Magen und Darmcanal nur durch eine innere Höhlung begrenzt von denselben  
ilen Zellen, die den übrigen Polyphenleib zusammensetzen. Bei Würmern, Strahl-  
Mollusken und Arthropoden haben wir dagegen schon denselben Bauplan des Tractus  
den Wirbelthieren, bindegewebiges Schleimhautstratum (Tunica propria), innen mit  
ausser mit einer Muscularis überkleidet, die äusserlich öfters schon von einem Ana-  
er Serosa überzogen wird. Die Epithelien des Verdauungscanales wimpern entweder

vollständig oder theilweise. Die Form der Zellen wechselt von kleinen rundlichen Bläschen bis zu enorm langen cylindrischen Zellen im Darm der Gasteropoden, Insecten, Krebsen. Die Cuticularbildungen an der Oberfläche der Zellen bilden sich hier und da zu fest abziehbaren Häutchen aus, so im Magen von *Paludina vivipara* (LEYDIG). Die Cuticula verdickt sich ferner lokal zu zahnartigen Kauapparaten, wie die Zungenplatten und Kiefertheile der Schnecken, Tintenfische und Würmer (Zähne der Egel, Kauapparat der Kienwürmer), zu den Magen zähnen der *Aplysia* und den Hornplatten im Magen anderer Mollusken. Die Magen zähne im Kaumagen von *Oniscus*, *Porcellio* erlangen eine grössere Härte durch Einlagerung von Kalk in die Cuticularsubstanz. Bei den Cephalopoden sollen schlauchförmige Drüsen im Darm vorkommen, zottenartige Hervorragungen von der Dignität Drüsen (BERGMANN und LEUCKART, finden sich in der Magenschleimhaut vieler Insecten. Chylusmagen bei *Pentatoma* findet sich ein Abschnitt, in welchen vier Reihen eng mit einander verbundener Drüsenreihen einmünden (v. SIEBOLD). Grössere blind sackartige An hänge finden sich wohl meist von der Dignität der Drüsen bei einer Anzahl von Wirbellosen, z. B. Blindsack am Magenausgang der Cephalopoden. Einerseits fehlt bei einigen die Muscularis des Darms, andererseits ist sie bei Insecten, Spinnen und Krebsen meist quergestreift. Die Serosa des Darms flimmert bei den Bryozoen und Echinodermen, sowie bei *Aphrodite aculeata*. Die Stelle des Mesenteriums vertritt bei den Insecten der Fettkörper (LEYDIG). Ueber Entwicklungsgeschichte des Darms vergleiche man bei Magen. Zur ärztlichen Untersuchung vergleiche man unten bei Koth.

### Pankreas.

Das wichtigste Sekret, das sich in den Dünndarm ergiesst, ist das Bauchspeicheldrüse, des Pankreas.

Fig. 68.



Gefässe des Pankreas des Kaninchens. Vergr. 45.

Das Pankreas ist wie Speicheldrüsen eine zusammengesetzte traubenförmige Drüse. Lappen und Läppchen lösen sich in mikroskopische Drüsenbläschen auf, welche eine Membrana propria besitzen, und im Innern Pflasterzellen ausgekleidet sind, welche sich durch den Fettreichtum ihres Inhaltes auszeichnen. Die Ausführungsgänge der Bläschen sowie der Hauptausführungsgang der Drüse: der Ductus Wirsungianus, besitzen Cylinderepithel. An seinen Wänden sitzen kleine Drüschchen an, welche im Bau und möglicherweise auch in der Function mit der Bauchspeicheldrüse übereinstimmen. E. H. W. LANGERHANS, PFLÜGER, EWALD und GIANNUZZI geben an, dass in

Acinis des Pankreas ein System äusserst feiner Canälchen existire, welche die einzelnen sekretorischen Elemente des Acinus umspinnen. Die Macchi

ieses Netzes umspannen 4—5 Drüsenzellen. Der Uebergang der feineren in die weiteren Ausführungsgänge geschieht häufig ganz plötzlich. Das Verhalten der feinsten Gänge scheint denen zwischen den Leberzellen analog. Ausser dem WIRSUNG'schen Gange besitzt die Drüse noch einen kleineren Ausführungsgang, der, aus dem Kopfe der Drüse entspringend, nachdem er sich mit dem Hauptgange durch einen Seitencanal verbunden, entweder über oder unter der Mündungsstelle desselben seinen Inhalt in den Darm ergiesst. Bei Unterbindungsversuchen des Pankreasausführungsganges zum Zwecke, sein Sekret in der Darmverdauung auszuschliessen, müssen sowohl dieser zweite Gang wie die von BERNARD beschriebenen kleinen Nebendrüsen des Pankreas berücksichtigt werden, welche sich nach KLOB auch beim Menschen finden. Nach BAKER sitzen sie stets in der Darmwand selbst. Die zahlreichen Blutgefässe des Pankreas stimmen in ihrer Verbreitung nahe mit denen der Speicheldrüsen überein (Fig. 68). Die sehr reichlichen Nervenstämmе vom Symplicus treten an den feinen Ausführungsgängen in zahlreiche Ganglien. LÜGER fand viele markhaltige Nervenfasern im Pankreas, die in den ausgefüllten Alveolen desselben ähnlich endigen, wie in denen der Speicheldrüsen (S. 260).

Wenig ist über den Nerveneinfluss auf die Bauchspeicheldrüsenabsonderung bekannt. Sie tritt etwa 5—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme ein. Sie scheint durch sensible Reize der Magenschleimhaut (z. B. durch reflectorisch angeregt zu werden. Nahrungsaufnahme steigert sie, insbesondere eiweissreiche Nahrung. Nach beendeter Verdauung fand BERNARD den WIRSUNG'schen Gang leer. Wie alle arbeitenden Organe zeigt sie während ihrer Thätigkeit in der Verdauung einen gesteigerten Blutzufluss. Während im nüchternen Zustande schlaff und weisslich ist, schwillt sie während der Verdauung an und bekommt von den gefüllten Gefässen ein rothes Ansehen. Es geht daraus hervor, dass das Rohmaterial für die Drüsenabsonderung vom Blut geliefert wird; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass auch hier die Drüsenzellen es sind, welche das an sich indifferente Material zu dem eigentlichen Drüsensekrete verarbeiten. Reizung des centralen Vagusendes soll nach LUDWIG und BERNSTEIN die Sekretion aufheben, ebenso Erbrechen (BERNARD). Nach Durchschneiden der Gefässnerven scheint eine paralytische Sekretion einzutreten. R. HEIDENHAIN will vom verlängerten Mark aus die Drüsenabsonderung der Drüse beeinflusst haben. KÜHNE und LEA konnten die Sekretion durch Inductionsschläge, sowie durch Injectionen von Blut und Salzen anregen.

Die Drüsenzellen zeigen nach den Angaben von LANGERHANS und R. HEIDENHAIN mikroskopisch nachweisbare Veränderungen während ihrer Thätigkeit. Langerhans unterscheidet an den Drüsenzellen eine körnige Innenzone (BERNARD'sche Zellen) und eine homogene Aussenzone (LANGERHANS unterscheidet noch eine Kernzone: Kernzone). Im Hungerzustande überwiegt die erstere die letztere vollständig. Bei lebhafter Absonderung verkleinert sich die gesamte Zelle, die körnige Innenzone vermindert sich, während die Aussenzone sich vergrössert. Sinkt die Absonderung, so vergrössert sich die Zelle wieder, die körnige Innenzone nimmt wieder zu, die Aussenzone ab. HEIDENHAIN deutet diese Veränderungen auf Verbrauch und Ansatz der betreffenden, die Zonen bildenden Sub-

stanzen. Die Beobachtungen KÜHNE's mit A. SH. LEA bestätigen diese Angaben insofern, als auch die Genannten die BERNARD'schen Körnchen nach dem Drüsenlumen hin sich verschieben, bei langdauernder Sekretion kleiner und matter werden und endlich verschwinden sahen. Das fertige Pankreassekret tritt an der dem Drüsenlumen zugewendeten Fläche aus, hier wirkt es verdauend schon in den Drüsenschläuchen auf Eiweisskörper, niemals aber zwischen den Zellen selbst. In Beziehung auf die Gestalt und Grössenverhältnisse der ruhenden und absondernden Zellen weichen KÜHNE und LANGERHANS VON HEIDENHAIN wesentlich ab: die ruhenden Drüsenschläuche (das Kaninchenpankreas) sind ausserstets berandet, die ruhenden Drüsenzellen (hungernder Thiere) dagegen schlecht von einander abgegrenzt; wird die Drüse thätig, so zeigen die Drüsenschläuche deutliche Wölbungen und Einkerbungen, welche der Zahl der darunter liegenden Sekretionszellen entsprechen, welche also offenbar vergrössert sind; die Zellen sind von einander durch kräftige, meist doppelte Linien gesondert und zeigen deutlicher als in der Ruhe eine feine Strichelung von der Basis nach der Spitze der Kegel gerichtet.

### Der Bauchspeichel.

Nach den Beobachtungen von BIDDER und SCHMIDT und CL. BERNARD ist der Bauchspeichel, welcher aus frisch bei einem Hunde angelegten Fisteln des WUNSG'schen Ganges gewonnen wird, eine stark klebrige Flüssigkeit, ohne morphologische Bestandtheile, klar, farblos, alkalisch, von salzigem Geschmack. Die festen Bestandtheile betragen zwischen 10—12%. Die Natronsalze überwiegen in der Asche ähnlich wie in der des Blutserums.

Nach einer Analyse SCHMIDT's betrugen die festen Stoffe im Pankreassaft zusammen 9,9%; die Asche 8,54 pro mille, davon: schwefelsaures Kali 0,10, schwefelsaures Natron 0,10, Chlornatrium 7,36, phosphorsaures Natron 0,45, Natron 0,32, Kalk 0,22, Magnesia 0,03, Eisenoxyd 0,02; waren also von den 8,54 pr. m. nur 0,34 pr. m. andere Substanzen als Natriumverbindungen. Der Saft gibt alle Reaktionen einer alkalischen Lösung der Eiweissstoffe. Daneben enthält er auch durch Essigsäure fällbares Kalialbumin. Er coagulirt durch Erhitzen. (Ueber seine Fermente cf. unten.)

LUDWIG und WEINMANN haben an Saft aus permanent bestehenden Fisteln eine geringere Concentration beobachtet, nur etwa 5% im Mittel feste Stoffe und dem entsprechend auch einen geringeren Gehalt an Salzen. LUDWIG fand, dass die Concentration des Bauchspeichels mit der zunehmenden Absonderungsgrösse in der Zeit abnimmt, je mehr länger Saft abgesondert wird, desto weniger feste Stoffe enthält er. Das Verhalten ist somit ganz analog wie bei der Sekretion der Speicheldrüsen (cf. oben S. 267). Die Verschiedenheiten in der Saftconcentration an temporären und permanenten Fisteln ist eine vollkommen regelmässige Erscheinung.

Legt man eine Pankreasfistel 5—9 Stunden nach reichlicher Nahrungsaufnahme an, zeigt sich der ausfliessende Saft zähflüssig. Es hängt dieses, wie es scheint, mit der oben erwähnten Röthung der Drüse durch die gesteigerte Blutzufuhr zusammen. Denn aus einer blassen Drüse erhält man aus Fisteln, die nach der 9. Stunde nach der Nahrungsaufnahme angelegt wurden, stets nur einen dünnflüssigen Saft, der aber auch durch eingenommene Nahrung niemals die erwähnte dickliche Beschaffenheit des normalen Bauchspeichels erhält.

behauptet, dass die Drüse mit einer permanenten Fistel sich nicht mehr röthe. Der Saft zeigt nicht alle die specifischen Wirkungen des dickflüssigen.

Die Menge des Pankreassekretes beträgt bei einem 20 Kilogramm schweren während 24 Stunden etwa 45 Gramm. Nach BIDDER und SCHMIDT's Rechnung vom 1. auf die Absonderung bei dem Menschen soll die Absonderung bei 64 Kilogramm Mittelgewicht etwa 450 Gramm Bauchspeichel mit 45 Gramm festen Stoffen betragen. Es scheint die Angabe zu hoch, da nach BERNARD die Drüse nur während der Verdauung stärker arbeitet. Eine Kuh von mittlerer Grösse gab 273 Gramm Saft in der Stunde, etwa ebensoviel Pferd, während ein Schwein nur 42—45 gab (COLIN). Aus permanenten Fisteln bei Hun- ist die abfliessende Saftmenge viel grösser. So erhielt SCHMIDT in einer Stunde bis zu 4225 Gramm auf 4 Kilogramm Thier, woraus sich für den Menschen von 70 Kilogramm im 1. 4225 Gramm Bauchspeichel berechnen würden.

**Chemie der Pankreasdrüse.** — Im Gewebssaft des Pankreas finden sich, natürlich theilweise aus dem in den Ausführungsgängen enthaltenen Sekrete stammend: Wasser, lösliches Albumin, Leucin, Tyrosin, Guanin, Xanthin, Milchsäure, wichtige Fettsäuren, Inosit (?), Fette, anorganische Salze. Das Leucin und Tyrosin (VIRCHOW) findet sich in der Bauchspeicheldrüse in reichlicherer Menge als in irgend einem anderen drüsigen Organe. Aus Pankreas vom Ochsen erhielt SCHERER 10% der feuchten Drüse Leucin. Es ist auch in der frischen lebenden Drüse enthalten, wie selbe Forscher nachweisen konnte. Das Tyrosin kommt in ihr in weit geringerer Menge vor. KÜHNKE erklärt Leucin und Tyrosin für Produkte der Selbstverdauung der Drüse, resp. des Drüsensekrets. Die grösste Menge der organischen Stoffe besteht aus Eiweiss und Fetten. Nach E. BISCHOFF betrug der Gehalt eines Pankreas von einem Hingerichteten an festen Stoffen: 47,386 %, an Wasser: 82,613 %. OIDMANN fand 25 % feste Stoffe.

### Wirkung des Bauchspeichels.

Das Sekret der Bauchspeicheldrüse enthält drei Fermente: ein diastatisches (Zucker-bildendes), ein peptisches (Pepton-bildendes und das gebildete Pepton weiter in Leucin und Tyrosin zersetzendes) Pankreatin oder Trypsin (KÜHNKE) und ein fettsäurebildendes (die neutralen Fette unter Hydration in Fettsäuren und Glycerin zerlegendes).

Die Functionen des pankreatischen Sekretes bestehen sonach in:

- 1) Umwandlung von Stärkemehl in Zucker,
- 2) Verdauung der Eiweisssubstanzen zu Pepton (und weiterer Zerlegung desselben in Leucin und Tyrosin und andere Zersetzungsprodukte, namentlich Indol) und in
- 3) Vorbereitung des Fettes zur Aufnahme in die Säftemasse des Organismus.

Die Fähigkeit der Umwandlung der Stärke in Zucker besitzt der Bauchspeichel in noch weit höherem Maasse als der Mundspeichel (VALENTIN, CL. BERG). Durch den Bauchspeichel wird nicht nur gekochte, sondern auch rohe Stärke verdaut. Bei 35° C. ist die Wirkung fast momentan, bei niedriger Temperatur immer noch sehr rasch. Alle Einflüsse, die wir hindernd oder befördernd auf die Mundspeichelwirkung fanden, haben die gleiche Wirkung auf das Pankreassekret. Nach BIDDER und SCHMIDT geht dessen Zuckerbildung unbeeinträchtigt von der Anwesenheit von Galle und saurem Magen. Das Zucker-bildende Pankreasferment scheint mit der Speicheldiastase identisch zu sein.

In Beziehung auf die Bildung von Zucker aus Dextrin (Achroodextrin)



übertrifft das diastatische Pankreasferment das des Speichels. Rohrzucker Inulin werden durch den Pankreassaft nicht verändert.

Das Zuckerbildungsvermögen kann das Pankreas bei den Carnivoren, meistens im wilden Zustande, in welchem sie keine stärkeemehlhaltige Nahrung niessen, nicht bethätigen, trotzdem findet sich die Drüse auch bei ihnen bedeutender Grössenentwicklung vor, zum Beweise, dass ihre zweite, zu von CORVISANT konstatirte Function: die Verdauung von Eiweisskörpern in alkalischer Lösung an Wichtigkeit der erstgenannten nicht nachsteht.

In der Drüsenzelle soll das Pankreatin nach R. HEIDENHAIN nicht fertig gebildet enthalten sein, sondern nur eine hypothetische Muttersubstanz desselben: Zymogen, welches Verbindung des Pankreatins mit einem Eiweissstoff sein soll.

Es ist schwer, bei den Verdauungsversuchen mit künstlichem Pankreassaft (Drüsenzug) den Eintritt von Fäulniss zu vermeiden, wodurch die bisher gewonnenen Resultate teilweise in ihrem Werthe wesentlich beeinträchtigt werden, da die bei der Fäulniss stehenden Stoffe zum Theil den bei Pankreasverdauung gebildeten gleich sind.

Die Befähigung des Bauchspeichels zur Eiweissverdauung war lange Gegenstand der Controverse, der eine Autor konnte sie bestätigen, der andere fand an Stelle der beschriebenen Verdauungsvorgänge nur Fäulniss. Die neueren Untersuchungen, zunächst die von MAX haben über allen Zweifel erhoben, dass durch Einwirkung von Pankreas-Extrakt die Ueiführung der Eiweissstoffe in Peptone gelingt, aber nur dann, wenn das zu dem Versuchsverwendete Pankreas von einem während der Pankreas-Verdauung geschlachteten Thiere stammt. Wie sich SCHIFF ausdrückt, ist nur während der Verdauung das Pankreas mit seinen Fermenten »geladen«. Nach SCHIFF wäre die Anwesenheit des Dextrins in der genommenen Nahrung eines der Anregungsmittel, wie er dasselbe auch bei der Pepsinverdauung des Magens annimmt. SCHIFF gab an, dass nach Ausrottung der Milz der Pankreas- oder das Infus der Drüse die Eiweiss-verdauenden Eigenschaften für immer verloren. A. HERZEN vermuthete, dass die Milz während ihrer »Dilatation« in der Verdauung ein das Pankreatin frei und wirksam machendes Ferment bilde. Er machte folgendes Annahme stützendes Experiment. Da bei hungernden Thieren das Pankreas keine Eiweiss-verdauenden Wirkungen besitzt, setzte er mit dem Pankreas eines 24 Stunden nüchternen Hundes drei Eiweissverdauungsversuche an: 1) Pankreas des nüchternen Hundes allein verdaut nichts; 2) dasselbe mit der Milz desselben Hundes verdaut nichts; 3) dasselbe mit der Milz eines in der 7. Stunde der Verdauung getödteten anderen Hundes verdaut Alles.

Nach MEISSNER's Versuchen sollten nur in schwachsauren Flüssigkeiten die Eiweisskörper ohne vorausgehende Parapeptonbildung zu Peptonen, und zwar zu denselben wie bei der Einwirkung des Magensaftes sich lösen. (KÖHNKE spricht von einem Anti-pepton.) Auch besonders CORVISANT, sahen die Lösung auch in schwach alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten eintreten. Nach CORVISANT löst der Pankreassaft auch leimgebendes Bindegewebe in Leim zu einer nicht mehr gelatinirenden Flüssigkeit. Nach KÖHNKE das erstere nur dann, wenn es vorher über 70° erhitzt oder mit Säuren behandelt wurde. Das von NANCY gefundene Glycocolle erklärt W. KÖHNKE als durch Fäulniss (Bakterien) gebildet. Normale Pankreasverdauung bilde es ebensowenig als Leucin und Leim, Knorpel und Chondrin werden durch Pankreas gelöst, ebenso die übrigen von Pepsin angegriffenen Gewebe. Neuerdings behauptet man, dass die Eiweissverdauung durch Bauchspeichel nur bei alkalischer Reaktion erfolgt, zwar ohne vorhergehendes Aufquellen der verdauten Substanzen DANILEWSKY. Wie Pepsin so wird auch durch das Trypsin Oxyhämoglobin unter Abspaltung von Hämoglobin setzt und verdaut, dagegen behauptet HORRIG-SZYLER, dass sauerstoffreiches Hämoglobin durch dieses Ferment ebensowenig wie durch Fäulniss zerstört werde.

Nach VORR verwandelt Pankreassaft (und Magensaft!) arabisches Gummi in — Ueber Indol und Indigo cf. S. 88/89. KÖHNKE erklärt die Indolbildung aus Eiweiss



als eine Bacterienwirkung = Fäulniss. — Bei der Pankreas-Verdauung von Fibrin  
er entsteht Asparaginsäure (SALKOWSKI u. A. cfr. bei Harnstoff.)

BERNARD auch eine Einwirkung des Bauchspeichels auf die Fettver-  
g entdeckte, so machte er das Pankreas zum Faktotum der Verdauung.  
e Behauptung BERNARD's stützt sich zunächst darauf, dass jeder Bauch-  
l, mit flüssigem Fett geschüttelt, eine ausnehmend feine Emulsion,  
ab, bildet, aus der sich die minimalen Fetttröpfchen nicht wieder ab-  
n. Diese Tröpfchen sind so fein, dass man annehmen kann, dass  
solche von dem Darm durch die Gewebslücken aufgenommen werden

e Frage, wie das Fett in die Lymphgefäße hereingelange, durch die mit  
getränkten Gewebe, mit denen es sich ebenso wenig mischt, wie ein  
fen in ein mit Wasser befeuchtetes Papier eindringt, hat zahllose Unter-  
gen hervorgerufen. Man kann sich denken, dass, wenn die Fetttröpfchen  
st klein sind, sie durch die feinen Porenöffnungen der Zellen des Darmes,  
letztere BRÜCKE ohne geschlossene Zellmembran an der Darmoberfläche  
eibt, eintreten könnten. In dieser Hinsicht erscheint also das Emulsions-  
gen des Bauchspeichels von Wichtigkeit. Man hat gezeigt, dass auch die  
ind der Darmsaft wie alle dünnflüssigen Sekrete dieses Vermögen thei-  
ch scheinen die von ihnen zertheilten Fetttröpfchen nicht so klein, wie  
rch Pankreassekret erzeugten zu werden.

an könnte sich andererseits vorstellen, dass das Fett, um aufgenommen  
den, in eine mit Wasser mischbare Modification, z. B. Seife, überge-  
werden könnte, welche die Gewebe durchsetzt und sich in der Lymph-  
wo sich wahres Fett findet, erst wieder in Fett umwandelte. BERNARD hat  
len, dass die Substanz der Bauchspeicheldrüse, auch der blassen (EBERLE),  
s Sekret derselben die neutralen Fette zerlegt unter Bildung von Fett-  
en, so dass also Gelegenheit zu einer Verseifung der Fette gegeben ist,  
ch sie das geforderte Vermögen, mit Wasser sich zu mischen, erhalten  
n. Doch werden die Fette der Hauptmasse nach unzerlegt resorbirt  
e. Indem aber die Fettsäuren durch das Pankreassekret in Seifen um-  
elt werden, deren Eigenschaft es ist, sich gleichzeitig mit Fett und  
zu mischen, so müssen diese Seifen ganz in derselben Weise die Fett-  
ne im Darm ermöglichen, wie wir das von der Galle noch erfahren wer-  
Indem die Seifenlösungen die Darmschleimhaut und ihre Poren durch-  
t, ermöglichen sie dem Fett den Durchtritt durch diese Hautschicht (cf.

Die Wirkung des Pankreassaftes ist sonach, indem er aus einem Theil  
tes Seifen bildet, der Wirkung der Galle für die Fettaufnahme im Darm

Die Seifen emulsioniren auch das Fett (BRÜCKE).

ch Zerstörungen des Pankreas an lebenden Thieren suchte BERNARD die Annahme zu  
dass der Bauchspeichel zur Fettverdauung unumgänglich erforderlich sei. Andere  
konnten die für seine Ansicht positiven Resultate nicht bestätigen, sie wollten nur

Gefrässigkeit bei den operirten Thieren beobachtet haben. Auch SCHIFF hat mit  
m Erfolg das Pankreas durch Paraffininjectionen zerstört, die Hunde verdauten  
men. BRANARD machte dagegen auf die möglichen Fehler bei den Versuchen aufmerk-  
r zweite Gang der Drüse, der nach Unterbindung des Hauptganges noch Saft in den  
Pankreasdrüsen, die nach der Zerstörung des Hauptorganes

noch fort functioniren. Wir kommen bei der Frage nach der Resorption auf die Pankwirkung zurück.

Den künstlichen Pankreassaft erhält man durch Glycerinauszüge der Drüsenzstanz (v. WITTICH) am besten von Hunden, die man in der Zeit der Pankreasthätigkeit besten 5—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme) geschlachtet hat. Ausser dieser Zeit der Drüsenaufguss theilweise unwirksam. PASCHTIN gelang es, die drei Pankreasfermente durch Filtration der Lösung derselben (in Wasser oder concentrirten Salzlösungen) den Thonzellen zu trennen, v. WITTICH und COHNHEIM stellten das diastatische und das pepsin Ferment auf andere Weise dar.

**Historische Bemerkungen.** — Schon 1662 fing REGNER DE GRAAFF den pankreatische Saft des Hundes auf, den er klar und wenig klebrig fand. Er war dazu veranlasst worden durch die Behauptung seines Meisters F. SYLVIVS (DE LA BOË), dass der Pankreassaft eine Säure sei, welche, das Alkali der Galle sättigend, ein »Aufbrausen« bewirken müsste, eine Erscheinung, die man damals als eine sowohl in der lebenden als todtten Natur hauptsächlich wirkende Kraft (Gährung) betrachtete. MAYER und MAGENDIE untersuchten den Saft genau ebenso TIEDEMANN und GMELIN: sie fanden ihn alkalisch, reich an festen Bestandtheilen, gerinnbar in der Hitze. LEURET und LASSAIGNE fanden ihn alkalisch und dem Mundspeichel ähnlich. VALENTIN beschreibt zuerst, dass der Bauchspeichel die Eigenschaft besitzt, Stärkemehl schnell in Zucker umzuwandeln. EBERLE beobachtete vor BERNARD die Eigenschaft des Bauchspeichels, mit Fetten feine Emulsionen zu bilden. BERNARD'S Untersuchungen über den Bauchspeichel waren besonders erfolgreich. Er schrieb ihm, trotz früherer negativer Resultate von FRERICH'S, BIDDER und SCHMIDT, Wirkung auf Eiweisskörper zu (in Verbindung mit der Galle). CORVISART (1857—58) bewies die Eiweissverdauung durch Panksekrete, in welchem er ein Ferment: Pankreatin annimmt. In neuester Zeit lernte man die Erfolge der Pankreasverdauung regelmässig hervorbringen (KÜHNE, BERNARD, v. WITTICH u. A.).

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Bei dem Hühnchen ist (REMAK u. A.) die erste Anlage des Pankreas (65ste Brütstunde, nach SCHENK schon früher) eine kleine solide Wucherung der hinteren Darmwand (Darmplatte) in der Höhe des linken primitiven Lebergangs, mit welcher sich die Epithelialschicht des Darms in Verbindung setzt, indem sich der Pankreaskanal als seitliche Ausstülpung des Darmepithelrohrs (Darmdrüsenblattes) bildet. GÖTTE sah die erste Andeutung der Drüse als eine leichte Ausbuchtung beider Darmwandschichten. Die weitere Entwicklung geschieht nach dem Typus der Entwicklung der Speicheldrüsen. Die Epithelialschicht der Pankreasanlage treibt zunächst solide Sprossen, die in der Folge hohl werden. BISCHOFF sah das Pankreas an einem 43,3 mm langen Rindsembryo als ein gabelförmig getheiltes Stück Drüsencanal. Bei einem andern von 47,4 mm Länge war der Drüsenstamm rundum mit einer Anzahl (12—14) rundlicher Anschwellungen besetzt, so dass das Gebilde einer Dolde gleich sah. LILJER beobachtete das Pankreas bei einem 4 Wochen alten Menschenembryo. Es war ein kurzer Gang, an den sich ebenfalls schon hohle Nebengängchen (7) ansetzten, die in solide Knäuel endigten. Nach BISCHOFF entwickelt sich Bauchspeicheldrüse und Milz aus einer Anfangs zusammen verschmolzenen Bildungsgrundlage. — Das Zucker-bildende Ferment Amylase fehlt den neugeborenen Kindern, gegen den 2. Monat tritt es schwach auf und steigt dann bis zum ersten Lebensjahre an (KOROWIN, ZWEIFEL), dagegen besitzt das Pankreas sofort nach der Geburt die Fähigkeit zur Eiweissverdauung und Fettzerlegung (ZWEIFEL).

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die Bauchspeicheldrüse ist bei den Thieren vielfach gelappt. Bei Amphibien, Reptilien und Vögeln ist sie kompakter, bei Nagern in grössere Lappen getheilt (Maulwurf). Nicht selten kommen zwei Ausführungsgänge vor, wie bei Schildkröten, Krokodilen, Vögeln (Taube und Huhn haben drei), einigen Säugethieren, die getrennt von einander ausmünden; einer verbindet sich dann meist mit dem Ductus hepato-entericus (GEGENBAUR, LEYDIG u. A.). R. HEIDENHAIN hält die Pankreassekrete bei den beständig verdauenden Kaninchen für wahrscheinlich continuirlich, im Maximum werden in der Stunde 0,6—0,7 cc Saft abgesondert, welcher stets weit dünnflüssiger ist als der Speichel.

dem Hunde, feste Stoffe im Mittel: 4,76%. Er enthält die drei bekannten Pankreasfermente, das Eiweiss-lösende in sehr wechselnden Mengen. Den Absonderungsdruck der Drüse stimmte er zu 219—225 mm Wasser = 16,8—17,3 mm Quecksilber. Bei Hemmung des Ausflusses, z. B. durch Dünndarmkatarrhe, findet sonach ebenso eine Resorption des Pankreassekrets wie der Galle statt. Unterbindung des Ausführungsganges bedingt bei Menschen keine wesentlichen Störungen. Der Diabetesstich ist ohne Einfluss auf die Pankreassekretion. Das ebenfalls dünnflüssige und continuirlich abgesonderte Pankreassekret des Hammel verhält sich dem Kaninchensekret sehr ähnlich, es enthält aber stets reichlich das Eiweiss-verdauende Ferment. Unter den Wirbellosen findet sich bei den Cephalopoden ein deutliches Pankreas. Es besteht bald aus »Blinddärmchen«, bald aus Bäumchen oder traubenförmig anhängenden Endknospen (H. MÜLLER). HOPPE-SEYLER erklärt die sogenannten »Lebern« der Krebse für Pankreas nach ihrer physiologisch-chemischen Wirkungsweise (cf. oben Magensaft, S. 294).

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Im WIRSUNG'schen Gang kommen hier und da Concremente vor. LEHMANN fand ein solches in der Hauptmasse aus geronnenem Albuminat bestehend, ausserdem enthielt es nur wenig kohlensauen und phosphorsauren Kalk. Nach HENRY und GOLDING-BIRD können die stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile hinter die organischen zurücktreten (70%—160%). Die Hauptmasse bildet dann phosphorsaurer Kalk (20%—800%), und kohlensaurer Kalk (30%—160%), nebst Spuren von löslichen Salzen. Bei Pylorus durch katarrhalische Schwellung der Schleimhaut des Duodenums wird mit dem Ausführungsgang auch der Ductus Wirsungianus verschlossen, an den hierbei beobachtete Verdauungsstörungen theilhaftig sich sonach auch der Ausfall des Pankreassekrets. Bei Diabetes hat man mehrfach Zerstörung des Pankreas mit Concrementbildung beobachtet. In den ersten Stadien des Fiebers wird Pankreassaft abgesondert, dessen Fermente man im Urin nachweisen kann.

Das Sekret der Brunner'schen Drüsen (S. 300) des Duodenums ist noch nicht genügend bekannt. Nach BUDGE und KROLOW soll der Drüsenauszug ein diastatisches und ein Pepton-bildendes Ferment(?) enthalten, nach GRÜTZNER nur letzteres und zwar Pepsin, er stellt daher die Brunner'schen Drüsen zu den Pylorusdrüsen des Magens.

## Die Leber.

Die Leber ist die grösste Drüse des menschlichen Organismus. Aeusserlich ist das Leberparenchym dunkelbraun, im normalen Zustande gleichmässig gefärbt. Ein Hauptunterschied der Leber von den übrigen Drüsen mit Ausführungsgängen besteht darin, dass sie sich nicht in von einander getrennte Läppchen scheiden lässt, von denen jedes seinen eigenen getrennten Ausführungsgang besässe, unter einander durch Bindegewebe vereinigt. Das Bindegewebe sowie das Netz der Kapillargefässe stehen in der menschlichen Leber überall in directer Verbindung. Anders erscheint dieses bei den Lebern des Eisbären und des Schweines, bei welchen Thieren eine Trennung des Lebergewebes in einzelne, mit freiem Auge sichtbare Läppchen oder Inseln durch dazwischentretendes Bindegewebe besteht. E. H. WEBER hat zuerst gezeigt, dass dieses letztgenannte Verhalten von der menschlichen Leber nicht getheilt wird, wenn auch häufig genug krankhafte Veränderungen der Drüse ein nach dieser Richtung zu deutendes Verhalten vortäuschen. Nirgends tritt Bindegewebe in so grosser Menge in die menschliche Leber ein, um eine Sonderung in Läppchen oder Inseln zu Stande kommen zu lassen. Trotzdem behaupten auch in der menschlichen Leber kleine Gewebsabschnitte etwa

von der Grösse der Leberläppchen des Schweines — 0,7 bis 2 mm eine gewisse Selbständigkeit. Man hat auch sie mit dem Namen Leberchen oder Leberinseln belegt. Die Selbständigkeit, die Individu der Leberläppchen liegt vor Allem in der Anordnung ihrer Gefässe.

Die Leber bekommt nicht nur aus einer Quelle Blut zugeführt. An Arteria hepatica, die vor Allem zur Ernährung des eigentlichen parenchyms (der Gefässe, Gallengänge, Nerven etc.) dient (Hering), noch Blut aus dem Venenstamm der Pfortader, die sich aus den Kapillaren des Magens, der Milz und der Gedärme etc. bildet. Sie löst sich in der Leber zu einem zweiten Kapillarnetze auf, so dass der Blutstrom in ihr sehr langsam werden muss. Nach Flügge bedarf beim Hunde das Durchströmen der Leber die gleiche Zeit, wie zur Vollendung eines Kreislaufes. Wir haben also drei Lebergefässarten zu unterscheiden; zuführende Gefässe: Arteria hepatica und Vena portae und die abführenden Gefässe: die Lebervenen, Venae hepaticae. Um die Läppchen herum verlaufen feine Pfortaderzweige: Venae interlobulares, welche ein Kapillarnetz in das Innere der Läppchen senden. Dort verbinden sie sich mit den arteriellen Kapillaren, deren feinste Stämmchen auch im Umfange der Läppchen verlaufen, und ergiessen ihr gemischtes Blut in ein grösseres Gefäss der Lebervene: Vena centralis oder intralobularis, welche regelmässig in der Mitte jedes Läppchens sich befindet. Es stehen also die zuführenden und abführenden Gefässstämmchen durch die ganze Leber hindurch in regelmässigen Abständen von einander, aber wenn auch die Gefässe der einzelnen Läppchen überall in directer Verbindung mit einander sind, so ist doch eine gewisse Selbständigkeit der einzelnen Gefässbezirke nicht zu verkennen.

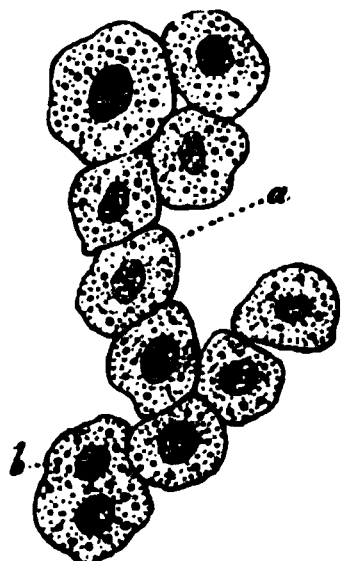
Die feinen gallenabführenden Gänge schliessen sich an die Pfortaderstämmchen, die Venae interlobulares, an und betheiligen sich damit an der scharferen Abgrenzung der Läppchen, so dass jedes derselben von einem Netze verschiedenartiger Gefässe rings umspunnen wird. Zwischen den

Gefässen, den übrig bleibenden Leberzellen, gesehen von den Lymphgefässen aus, befindet sich das abgesonderte Sengewebe der Leber: das sich aus den Leberzellen und den Kapillaren zusammensetzt.

Erstere sind unregelmäßig geformte, durch den Druck abgeplattete Zellen, mit einem feinkörnigen, weissreichen, gelblichen Protoplasma, in welchem sich ein grosser, rundlicher Zellkern mit zwei Kernkörperchen erkennen lässt (Fig. 69). In dem Inhalte der Zellen finden sich regelmässig grössere

kleinere Fetttropfen und gelbröthliche Farbstoffkörnchen, welche besonders bei pathologischen Veränderungen, aber auch bei der reichlichen

Fig. 69.



Leberzellen des Menschen; a einkernige, b eine mit doppeltem Nucleus.

Fig. 70.



Zellen der Fettleber; a, b mit kleineren Fettmolekülen und Tröpfchen; c, d mit grossen Tropfen.

in der Nahrung, z. B. bei säugenden Thieren, findet sich eine Anhäufung von Fett in den Zellen, die einzelnen kleinen Tröpfchen können zu grösseren Fetttropfen zusammenfliessen (Fig. 70). Eine Membran der Leberzellen ist nicht nachgewiesen; isolirt zeigen die lebenden Zellen amöboide Bewegungen (LEUCKART).

Zellen liegen mit ihren abgeflachten Flächen direct neben einander und bilden ein solides Netzwerk. Regelmässig ist das Zellennetz

Centralvene herum, wo es wirklich strahlenförmige Anordnung zeigt (Fig. 74). Die Dicke der Zellen richtet sich in der Breite der Zwischenräume, welche die Zellen zwischen sich lassen, manchmal bestehen sie nur aus einer Zellenreihe, manchmal sind sie 2 Zellen breit, stets aber ist die Anordnung wegen der ungleichmässigen Ausdehnung der Kapillaren und ihrer Zwischenräume ganz unregelmässig.

Die Leber schien am einfachsten, anzunehmen, dass, wie an anderen Drüsen, auch in der Leber die absondernden Zellen eine Hülle eingeschlossen, die

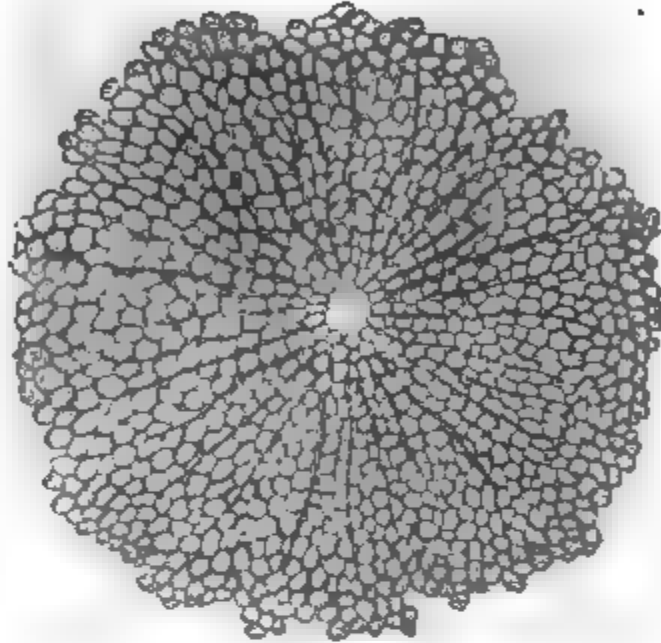
die Gallengänge mündete, als Epithel stünden. Nach BEALE, KÖLLIKER ist es in der That eine analoge Anordnung wirklich. Die Gallengänge gehen, wie allgemein bekannt ist, in Begleitung der Pfortader- und der Leberarterien in das Innere des Lebergewebes ein; indem sie sich baumförmig verzweigen, erreichen sie endlich die Läppchen, wo sie sich zu einem zarten Netzwerk, dem Läppchenumkreise auflösen, nachdem sie vorher fast ohne alle feste Verbindung mit einander verliefen. Von diesem Geflechte gehen feinste Gefässchen an die Läppchen heran. Die letztgenannten Forscher behaupten, dass die Verbindung der feinsten Gallengefässe und der Leberzellen bewirkt werde, dass sich eine zarte Hülle von den Gallengängen her um die Leberzellen hinwegzieht, wodurch leberzellenhaltige zarte Röhren entstehen, was besonders bei Lebern von Embryonen deutlich sei. Bei Lebern Erwachsener liesse sich die Hülle um die Leberzellen nur an den Stellen der Zellenröhren an die Gallengefässe noch nachweisen, weiterhin scheine sie untrennbar mit den Membranen der Gefässe.

Die feinsten wirklichen Gallengänge im Läppchenumkreise haben nur noch einen Durchmesser von 0,044 — 0,045 mm.

Es gab an, dass die Leberzellen die ganze Höhlung, welche von der sie umgebenen feinen Hülle — einer Membrana propria — gebildet wird, vollständig ausfüllen, so dass zwischen ihnen Platz für den Abfluss des gebildeten Sekretes bleibt (Gallenkapillaren).

MACLEOD, BUDGE, ANDRÉJEVIC, MAC GILLAVRY und CHAZONSCZEWSKY fanden,

Fig. 74.

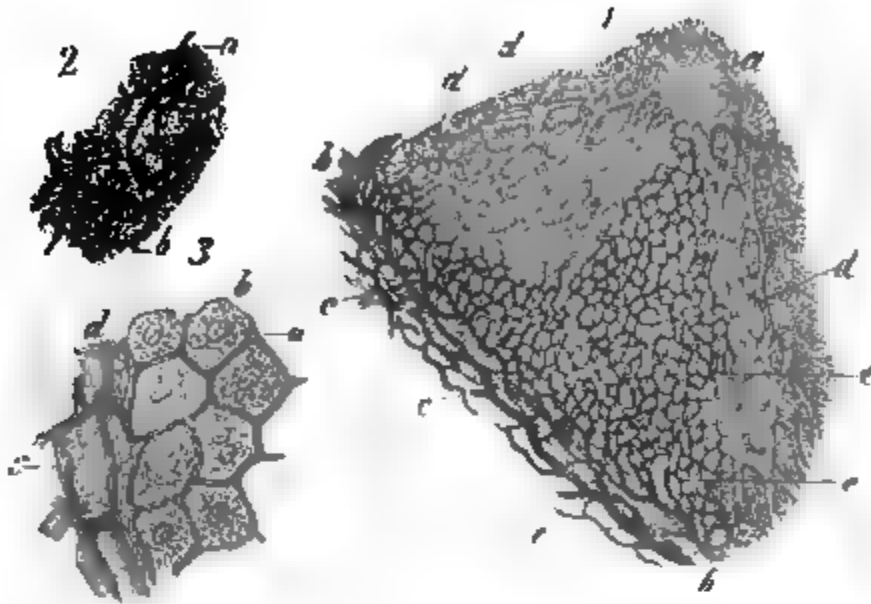


Leberläppchen eines 10jährigen Knaben (Copie nach ECKHART) mit dem Querschnitt des centralen Lebervenenstämmchens.



dass feinste Gallengänge: Gallenkapillaren (Fig. 72) in die Läppchen zwischen die Leberzellen hereintreten. Sie sind Canälchen von äusserer Feinheit (beim Kaninchen 0,002—0,0017 mm messend) und bilden kubische

Fig. 72.



Gallenkapillaren der Kaninchenleber. 1 Ein Theil eines Läppchens. a Vena hepatica; b Pfortaderast; c Gallengänge; d Kapillaren; e Gallenkapillaren. 2 Die Gallenkapillaren (b) in ihrem Verhalten zu den Haargefässen der Blutbahn (a). 3 Gallenkapillaren in ihrer Anordnung zu den Leberzellen. a Kapillaren; b Leberzellen; c Gallengängchen; d Haargefässe der Blutbahn.

Maschenräume von der Grösse der Leberzelle. Sie verlaufen nicht an den Kanten, sondern zwischen den Scheidewänden der Leberzellen. **HERING**, dass ihr Hohlraum meist von zwei Zellen gebildet wird.

Die weiteren Lebergallengänge bestehen aus Bindegewebe mit elastischen Fasern mit Cylinderepithel bekleidet, an den grösseren Gallengängen zeigen sich glatte Muskelfasern. **HENLE**, **HEIDENHAIN** auch an den mittelweiten Gängen, aber nur an der Gallenblase zu einer dünnen

Muskelschicht werden. Die feinen Gallengänge haben eine structurlose Wand und Epithel. **HERING** hat den Zusammenhang zwischen den Gallengängen und Gallenkapillaren erkannt, sowie das Verhalten der Leberzellen zu denselben. Die Lichtung der feinsten Gallengänge geht ohne erhebliche Minderung ihres Durchmessers unmittelbar in die intralobulären Gallenwege oder Gallenkapillaren über. Hier wechseln die Gänge das Epithel. Unmittelbar an den Hohlräumen zwischen den Leberzellen (Gallenkapillaren), deren Epithel also die Leberzellen (gleichsam) darstellen, stösst das Epithel der kleinsten Gallengänge (**LEYDIG**), aus kleinen Zellen bestehend, die nur zuweilen an der Stelle des Uebergangs etwas vergrössert erscheinen.

In den Gallenwegen findet sich eine Menge kleiner traubenförmiger Schleimdrüsen: die Gallengangdrüsen (**KÖLLIKER**, **RIESS**). **LUSCHKA** zeigte das Vorkommen auch in der Gallenblase.

Die Leber ist reich an Lymphgefässen, die ein oberflächliches und tieferes Netz um sie spinnen und die Pfortader bis in die Läppchen begleiten. Hier setzen sie sich fort in ein das ganze Läppchen durchstrickendes vielästiges Netzwerk lymphatischer Gänge. Die Leberzellen grenzen mit einem Theil ihrer Oberfläche auch an diese interlobulären Lymphräume (**MAC GILLAVRY**), welche **HERING** für Kunstprodukte hält. **v. WITTICH** injicirte von der Trachea aus ein feines, perivaskulär die Pfortader und Lebervenenstämme umspinnendes Netz von feinen Hohlräumen, Lymphgefässe, von welchen sehr feine Ausläufer in die Leberläppchen zwischen Blutkapillaren und Leberzellen vordringen.

Die zahlreichen Nerven der Leber, die vom Sympathicus — Plei-



diacus — und Vagus stammen, sind in ihrem Verhalten im Innern der Drüse, welche sie mit den Arterien eindringen, neuerdings von PFLÜGER erforscht. Sie sind sehr reichlich, enthalten viele Ganglienzellen. Mit den Leberzellen treten theils markhaltige Nervenfasern durch feine in die Zellen eintretende Kanäle in Verbindung, theils Bündel feinsten Fasern. Das Verhalten erinnert an das bei den Speicheldrüsen beobachtete S. 260.

### Chemische Bestandtheile der Leberzellen.

Die Leber als die grösste Drüse des Organismus war vielfältig Gegenstand eingehender chemischer Untersuchung. Man hat in ihr (BERNARD) einen in den übrigen Organen des Erwachsenen sonst nur in geringerer Menge vorkommenden Stoff, zweifellos ein Produkt ihrer Zellenthätigkeit, vorzüglich bei Ernährung mit Amylaceen, in relativ grosser Masse aufgefunden, das Glycogen, welches sich unter analogen Bedingungen wie Stärke in Zucker verwandelt.

Unter den Bestandtheilen, die man nach der Ausspritzung des Blutes bei möglichster Vermeidung kadaveröser Zersetzungen (durch Abkühlen auf die Temperatur des schmelzenden Eises oder durch Erhitzen auf 100° C.) aus der Leber gewinnt, steht quantitativ neben mehreren Eiweissmodifikationen das Glycogen gewöhnlich obenan. SCHIFF hält die blassen Körnchen, welche bei starken Vergrösserungen stets in allen Leberzellen findet, für Glycogen. Nach C. BOCK und F. A. HOFFMANN ist das nicht der Fall, diese Körnchen färbt sich nicht mit Jod, während bei feinen Schnitten von glycogenreichen Theilen der Zellinhalt selbst mit Jod dunkel färbt, so dass das Glycogen in ihm enthalten zu sein scheint. Der Glycogengehalt ist nicht in allen Theilen der Leber gleich vertheilt (v. WITTICH). Neben Glycogen finden wir meist noch eine grössere oder geringere, absolut aber immer kleine Quantität von wahren Zucker, nach CL. BERNARD'S neuen vorwurfsfreien Versuchen (1877) etwa 2,4 pro mille, und specifische Gallenbestandtheile, von denen es zweifelhaft bleibt, ob sie aus dem Zelleninhalte oder aus den feinen Gallengängen stammen, welche nicht entleert werden können. Die Leber enthält ein sacharificirendes, diastatisches Ferment, welches sich auch in der Galle findet (v. WITTICH).

SALOMON constatirte in zwei Fällen Glycogen in der frisch untersuchten Leber neugeborener Menschen.

Das Glycogen wird entweder als schneeweisses, lockeres Pulver oder als spröde knümelartige Masse gewonnen. Seine elementare Zusammensetzung lässt es nach v. GORUP-BESANZ, APJOHN, PELOUZE als ein wahres Kohlehydrat erscheinen, das sich in der procentischen Zusammensetzung von Stärke nicht unterscheidet:  $C_6H_{10}O_5$ . Doch scheint es verschiedene Wassermengen chemisch binden zu können, denn die Analysen verschieden gestellter Präparate ergaben neben der eben genannten auch wasserreichere Formeln:  $H_{12}O_6$  und  $C_6H_{14}O_7$ . Nach SCHTSCHERBAKOFF enthält die Leber bei gemischter Nahrung Glycogenmodifikationen, die sich durch ihr optisches Drehungsvermögen und chemisches Verhalten unterscheiden. Die Lösung des Glycogens in Wasser ist milchig trüb, mit Jod färbt es tiefrothe Farbe an (wie die Stärkeart: Inulin); es reducirt Kupferoxyd in alkalischer Lösung nicht, wodurch es sich vom Traubenzucker unterscheidet. Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, dann Einwirkung von Speichel und pankreatischem Saft verwandelt das Glycogen zuerst in einen dem Dextrin ähnlichen Stoff, dann in Trauben-

zucker (cf. oben). Dasselbe thut kaltgewonnenes wässeriges Leberextrakt und Blutsrum, so dass wir in diesen ein zuckerbildendes Ferment wie in den Speicheldrüsen und dem Pankreas annehmen müssen, das v. Wittich auch isolirte. Animalisches Dextrin, die Vorstufe des Zuckers, stellte zuerst Lixnicht aus Pferdelebern dar. Neuerdings spricht man von Glycogendextrin und zwar wird ein  $\alpha$  und  $\beta$  unterschieden, je nachdem es durch Stärke oder Alkalien aus Glycogen gewonnen wurde. (Kühne, Nasse, v. Vintschgau u. A.)

Es erscheint nach dem Gesagten als keine gewagte Behauptung, wenn man den in den Leberextrakten gefundenen Zucker von der Umwandlung des Glycogens ableitet. Lässt man ausgeschnittene, frische Lebern einige Zeit liegen, so entsteht in ihnen fast ohne Ausnahme Zucker in reichlicherer Menge. Nicht selten findet sich aber in der ganz frischen, eben getödteten Thiere entnommenen Leber neben dem Glycogen fast gar kein Zucker vor. Es darf dieses aber nicht so gedeutet werden, als ob der Zucker überhaupt erst ein Produkt kadaveröser Zersetzung der Leber sei (Pavy, Meissner), weil die im Leben in der Leber gebildete Zuckermenge relativ klein ist und sofort durch den Blutstrom aus der Leber entfernt werden muss.

Von rein nervösen Einflüssen auf die Glycogenmenge der Leber weiß man wenig. Nach Durchschneidung des Rückenmarks zwischen 5. — 6. Halswirbel fand Jacques Mayer die Glycogenmenge und die Glycogenbildungsfähigkeit der Leber verringert.

Die Glycogenmenge in der Leber steht unter Beeinflussung der Nahrungsverhältnisse (R. Mac-Donnel, Tscheringoff u. A.). Am reichlichsten ist sie bei einer Nahrung aus Stärke oder Zucker mit Albuminaten. Fettfreies Fleisch, Leim, und v. Meissner auch Eieralbumin, Fibrin und Pepton als Nahrung genossen, genügen, um der Leber Glycogen hervorzubringen, während es aber bei der erstgenannten Nahrung bei Hühnern bis zu 12% des Lebergewichtes ansteigen kann, beträgt es bei der zweiten nur circa 4,7%. Bei verhungerten Thieren kann es in der Leber gänzlich fehlen, hungernden Hunden aber erst nach 14—21 Tagen. Dagegen fanden Valentini und C. L. Voss, was C. Voit bestätigte, bei winterschlafenden Thieren, Luchsinger ebenso bei „Wasserschnecken“, die Glycogenmenge der Leber auffallend reichlich. Einige Stunden nach der Nahrungsaufnahme ist der Glycogengehalt der Leber am grössten, dann nimmt er ab. Die Beobachtung, dass die Glycogenmenge in der Leber steigt bei Fütterung mit Amylaceen (Zucker, Mac-Donnel, Pavy, Tscheringoff, Doeg u. A.) schloss man, dass das Glycogen der Leber aus dem Zucker der Nahrung stamme, während der Entdecker des Glycogens, Bracon,

wird, um dann nach einem bestimmten physiologischen Eingriff neben dem gesammten Leber-  
auf Glycogen vergleichend untersucht zu werden, für vollkommen unzulässig, da  
dieser starke operative Eingriff die Glycogenmenge in der im Organismus restingen Leber  
herabsetzt. v. WIRTICH sah nach Unterbindung des Ductus choledochus den Glycogengehalt  
der Leber (bei Kaninchen und Tauben) fast vollkommen verschwinden, resp. bei Tauben um  
das 22fache, bei Kaninchen um das 40—130fache abnehmen. Jede mechanische Reizung der  
Leber macht dabei den Harn zuckerhaltig.

Ausser in der Leber der Erwachsenen ist das Glycogen zuerst in den Organen, namentlich  
in Muskeln, von Embryonen nachgewiesen worden (BERNARD, KÜHNE). Neuerdings auch in  
den Muskeln erwachsener Individuen (O. NASSE) und in vielen jugendlichen Zellen (HOPPE-  
SEILER) kommt es neben wahrem Zucker (MEISSNER, J. RANKE) vor. In den Muskeln neuge-  
borener Thiere fand es M'DONNELL. Dextrin stellte LIMPRICHT aus dem Fleisch junger Pferde  
her.

Das Eiweiss der Leberzellen fällt z. Th. beim Ansäuern mit Essigsäure heraus. Das-  
selbe findet statt bei der nach dem Tode eintretenden Säuerung des im Leben alkalischen  
Gewebssaftes der Leber. Die Säuerung geschieht wie in den Muskeln durch das Auftreten von  
Milchsäure, die von verschiedenen Beobachtern in den Lebern der Menschen und Thiere  
nachgewiesen wurde. Durch die Gerinnung des Albuminats wird die Leber ganz ähnlich  
starr wie der Muskel, wodurch sie weniger brüchig als im frischen Zustande, fester  
erscheint. Es betheiligt sich an diesem Starrwerden der Lebersubstanz aber auch das bei der  
Kühlung festwerdende Fett der Leberzellen.

Die Fette der Leber sind noch wenig untersucht, es finden sich, neben anderen noch  
andere, stets Olein, Stearin und Palmitin. v. BIBRA fand Spuren von Chole-  
sterin im Leberextrakt.

**Harnstoffbildung in der Leber.** — Harnsäure, Sarkin und Xanthin scheinen  
(MARR, CLÖTTA, STÄDELER) stets im Leberextrakt zu sein; ebenso eine ziemlich bedeutende  
Menge von Harnstoff (HEINSIUS, MEISSNER u. A.), aus der abzunehmen ist, dass die Leber  
in den Muskeln (Picard) eine der Hauptbildungsstätten des Harnstoffs im  
Organismus ist (MEISSNER). In der Hundeleber finden sich etwa 0,06—0,4 Gramm, d. h.  
0,02% des Lebergewichts. MEISSNER fand auch in der Milz Harnstoff, ebenso Spu-  
ren im Gehirn (STÄDELER) und der Lunge. Aus CYON's Beobachtungen geht hervor, dass die  
Leber an das durchströmende Blut Harnstoff abgibt, was neuerdings bestätigt wurde. Da  
andere Organe an der Harnstoffbildung sich betheiligen als die Leber, so ist das Ver-  
hältniss im MUNK's, dass das Blut procentisch etwas mehr Harnstoff enthält als die  
Leber desselben Thieres, nicht unverständlich. Aus vier vergleichenden Versuchen an Hun-  
den berechnet er im Mittel Harnstoffgehalt in der Leber 0,034%, im Blut 0,042%.  
Die Wirkung der Leber und der Lymphdrüsen etc. auf die Harnstoffbildung ist für die Ernäh-  
rungslehre von grösster Wichtigkeit (cfr. Harnstoff bei Harn Cap. XV.)

In der Vogelleber fand MEISSNER anstatt Harnstoff reichlich Harnsäure, was nach  
Ausscheidungsverhältnissen des Stickstoffs im Harn bei Vögeln zu erwarten war.

v. BIBRA fand in der Leber eines in Folge eines Sturzes plötzlich gestorbenen Mannes fol-  
gende Zusammensetzung, die als Beispiel der normalen quantitativen Verhältnisse dienen

Wasser . . . . .	761,7
feste Stoffe . . . . .	238,8
<hr/>	
unlösliches Gewebe . . . . .	94,4
lösliches Albumin . . . . .	24,0
Glutin . . . . .	33,7
Extraktivstoffe . . . . .	60,7
Fett . . . . .	23,0

Die Asche der Leber stimmt ziemlich genau mit der Fleischasche überein, doch

überwiegen die Kalisalze etwas weniger über die Natronsalze als im Fleische, einen unentfernten Blutgehalt in der untersuchten Drüse deutet. In 400 Theilen A Leber eines Mannes fand OIDTMANN:

Kali . . . .	25,28
Natron . . . .	44,51
Magnesia . . . .	0,20
Kalk . . . .	3,64
Chlor. . . .	2,58
Phosphorsäure.	50,48
Schwefelsäure .	0,92
Kieselsäure . .	0,27
Eisenoxyd . .	2,84
Manganoxydul .	0,40
Kupferoxyd . .	0,05
Bleioxyd . . .	0,04
<hr/>	
	400,00

Kupfer und Blei finden sich fast regelmässig in der Asche der Menschenleber. Nur ein Theil der in der Leber aufgefundenen Stoffe geht in das Sekret derselben Galle über und kommt dadurch für die Lehre von der Verdauung in Betracht. Ein nicht unbedeutenderer Theil (Zucker) geht aus den Leberzellen in das Blut zurück, von jene das Material zur Bildung ihrer specifischen Produkte bezogen.

Die Galle.

Die Galle ist normal flüssig, klar, ohne geformte Beimengungen. zufällige Bestandtheile findet man abgestossene Cylinderzellen der Gallengänge, hier und da auch Pflasterzellen aus den Gallenkapillaren.

In der Menschengalle, die man bei Sectionen gewinnt, zeigen sich mal grössere und kleinere Fetttröpfchen und Farbstoffkörnchen, in seltenen findet sich Gallenfarbstoff in röthlichen Nadeln ausgeschieden.

Die frische Blasengalle reagirt auf Pflanzenpapier neutral oder alkalisch (v. GORUP-BESANEZ). Letztere Reaktion ertheilte ihr wohl eine ziemlich reichliche Beimischung von Schleim, das Absonderungsprodukt den Ausführungshohlräumen beschriebenen Schleimdrüsen. Die stetig Darm abfliessende Galle ist dünnflüssig, bei Behinderung des Abflusses dickflüssiger und mucinhaltiger. Das specifische Gewicht der Blasengalle schwankt zwischen 1026—1032, ihre festen Stoffe betragen im Mittel 4%. Ihre Farbe ist in der Gallenblase gelb, grün, braun, bis schwarzbraun. Luft färbt sich gelbe Galle grün, die Galle der Vögel und Pflanzenfreunde diese Farbe schon während des Lebens in der Gallenblase. In der Gallenblase wird die Galle concentrirter. Das menschliche frische Lebersekret (aus Gallenfistel) hat nur ein specifisches Gewicht von 1040,5—1040,7 (JACOBSON) und nach JACOBSON 2,24—2,28 %, nach meinen Bestimmungen im Mittel 2,26% feste Stoffe. Die Galle mit concentrirter Schwefelsäure gemischt flussig. Im durchfallenden Lichte zeigen diese Lösungen eine dunkelrothe, im angedeuteten Licht eine saftgrüne Farbe.

In der Galle sind Stoffe enthalten, welche dieses Sekret vor allen anderen charakterisiren; es sind dieses die Gallensäuren: die stickstoffhaltigen

cholsäure und die Taurocholsäure, die ausser Stickstoff auch noch Schwefel in ihrer Zusammensetzung besitzt (S. 84).

Beide Säuren sind gepaarte Verbindungen der Cholsäure, die selbst stickstofflos ist. Der Stickstoffgehalt der Glycocholsäure hat seinen Grund darin, dass in dieser Säure die Cholsäure mit dem stickstoffhaltigen Glycin gepaart ist. Paart sich mit der Cholsäure das stickstoff- und schwefelhaltige Harnstoff unter Aufnahme von 2 Atomen Wasser, so entsteht die zweite gepaarte Säure, die Taurocholsäure. Die Cholsäure gehört nach BAUMSTARK (da sie einen sog. Benzokern enthält) zur Reihe der aromatischen Substanzen: zu denen auch die Hippursäure, das Indican und Tyrosin gehören.

Das Glycin (Syn. Glycocol oder Leimzucker seines süßlichen Geschmacks wegen) kommt nicht nur in der Galle an Cholsäure gebunden vor. Gepaart mit Benzoesäure findet man es im Blute und Harn als Hippursäure. Es ist ein Zersetzungsprodukt des leimgebenden Gewebes und des Eiweisses. Es ist künstlich (aus Monochloressigsäure) dargestellt worden.

Durch Erhitzen der Cholsäure bei  $200^{\circ}$  C. bildet sich, sowie durch Kochen mit Säuren, das Dyslysin.

Die Gallensäuren sind in der Galle an Natron gebunden, nur spurweise an Kali; sie erscheinen als seifenartige Verbindungen. Die Gallensäuren gleichen den Gallen den sprichwörtlichen bitteren Geschmack. Auch enthalten: Alkalisalze von Oelsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure und anderen flüchtigen fetten Säuren, dann neutrale Fette: Olen, Palmitin, Myristin enthält die Galle, auch Lecithin und Zersetzungsprodukte des Lecithins: Cholin (Neurin) und Glycerinphosphorsäure.

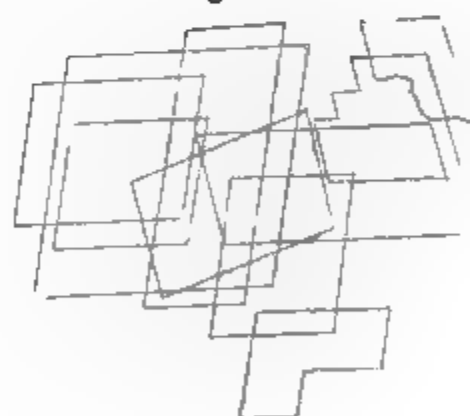
Die Farbe der Galle rührt von dem Gallenfarbstoff her, dem Biliverdin, das durch oxydirende Einwirkungen in Biliverdin und Bilifuscin übergehen kann. Schon der Sauerstoff der Luft genügt zur Ueberführung, braune Galle wird grün an der Luft. (Die Bildung des Gallenfarbstoffs cf. S. 88).

Ausserdem finden sich in der Galle auch noch geringe Mengen von Fett theils als solches. Es mit den reichlich in der Galle sich findenden Alkalien verseift, auch ein fettähnlicher, aber seine charakteristische Krystallform ausweisender Körper: Cholesterin (Fig. 73). In der Galle wird dasselbe durch die Salze der Gallensäuren in Lösung gehalten.

PICARD fand in der Rindergalle, POPP auch in der Schweinegalle Harnstoff (0,03 %).

Die Galle der verschiedenen Thiere ist verschieden zusammengesetzt. In der Gallensäuren kann die Cholsäure der Menschengalle durch ähnliche Säuren ersetzt werden beim Schwein, der Gans: Hyocholsäure und Chenocholsäure; nach H. BAYER ist auch die Zusammensetzung der Cholsäure der Rindergalle von der in der Menschengalle (Anthrocholsäure) verschieden. In der Menschengalle wiegt hier und da das taurocholsaure Natron vor, manchmal fehlt es dagegen fast ganz. Der Schwefelgehalt der Galle ist bei verschie-

Fig. 73.



Krystalle des Cholesterins.

denen Thieren je nach dem Vorwiegen des Glycins oder des Taurins in bindung mit der Cholsäure (oder ihren Vertretern) sehr verschieden.

In einigen Untersuchungen über trockene Lebergalle aus einer Gallenfist dem Menschen fand ich eine Zusammensetzung, die mit der von GORUP für Bl galle gefundenen gut harmonirt (cf. unten S. 324).

Die quantitative Zusammensetzung der Blasengalle mögen zwei A von GORUP-BESANEZ veranschaulichen, welche möglichst normalen Verhältnissen entspr Menschengalle in 100 Theilen:

	49jähr. Mann enthauptet	29jähr. Weib enthauptet
Wasser . . . . .	82,27	89,81
feste Stoffe . . . . .	17,73	10,19
gallensaure Alkalien .	10,79	5,63
Fett und Cholesterin .	4,73	3,09
Schleim mit Farbstoff	2,21	1,45
anorganische Salze .	1,08	0,63

HOPPE-SEYLER fand in der getrockneten Blasengalle: Mucin 1,29 0/0, taurocholsau tron 0,86 0/0, glycocholsaures Natron 3,03 0/0, Seifen 1,39 0/0, Cholesterin 0,35 0/0, L 0,53 0/0, Fette 0,73 0/0. N. SOCOLOFF bestimmte ebenfalls den Gehalt »normaler« mense Blasengalle an gallensauren Salzen zu 3,8—9,8 0/0, Seifen 1,3—2,08 0/0. Der Gehalt der sauren Salze schwankt zwischen 1,08—1,13 0/0, was einem Mittelwerth von etwa 24 0/0 cholsäure entspricht. In Gallen von Kranken ist der Schwefelgehalt theils weit ni theils viel höher, woraus sich Schwankungen des Taurocholsäuregehalts der »kranken von 8,9—52,3 0/0 berechneten.

Als Beispiele von Aschenanalysen der Galle mögen folgende dienen.

In 100 Theilen Asche von Ochse ngalle	In 1000 Theilen Galle vom Men:
sind enthalten (ROSE):	(Lebersekret) aus einer Fistel gen
Chlornatrium . . . . .	(JAKOBSON):
Kali . . . . .	K Cl . . . . .
Natron . . . . .	Na Cl . . . . .
Kalk . . . . .	P O <sub>4</sub> Na <sub>3</sub> . . . . .
Magnesia . . . . .	(P O <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub> . . . . .
Eisenoxyd . . . . .	C O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> . . . . .
Manganoxyduloxyd . . . . .	
Phosphorsäure . . . . .	
Schwefelsäure . . . . .	
Kohlensäure . . . . .	
Kieselsäure . . . . .	

Den Schwefelgehalt der Ochse ngalle (im trockenen Rückstand des Alkoholauszug BENSCH zu 3,58 0/0.

Die Aschenanalyse zeigt das quantitative Ueberwiegen der Natronsalze über die salze deutlich, welch' letztere etwa nur 1/6 der ersteren betragen. Dieses Verhältniss so bemerkenswerther, da es in der Leberasche gerade umgekehrt ist. Von den müssen Schwefelsäure und Kohlensäure, als erst durch die Verbrennung gebildet, wohl ganz, letztere wenigstens ihrer Hauptmasse nach abgerechnet werden. Weiter er wir den hohen Gehalt an freien Alkalien (Natron), die in der frischen Galle mit den säuren vereinigt waren. Young fand den Eisengehalt der frischen Blasengalle beim H 0,016 0/0, beim Rind 0,003—0,006 0/0, beim Menschen 0,004—0,01 0/0. Da das Eisen a störtem Hämoglobin stammt, so würden 100 Gramm Blasengalle etwa 1,6 Grm. zer: Hämoglobin entsprechen.



Die Gase der Galle wurden von PFLÜGER u. A. untersucht. Die Ergebnisse sind sehr schwankend. Sauerstoff scheint manchmal zu fehlen, als Beispiel diene folgende Analyse an der Blasengalle eines Hundes:

Sauerstoff . . . . .	0,2	} bei 00 und 1 m Druck.
Stickstoff . . . . .	0,4	
Auspumpbare Kohlensäure . . . . .	44,4	
Durch Phosphorsäure austreibbare Kohlensäure	41,7	

### Die Gallenabsonderung.

Die Absonderung der Galle ist eine stetige, sie geschieht unter einem sehr geringen Druck. Wenn der Druck in den Gallengängen, z. B. durch Verschließung des Ausführungsganges, steigt, so tritt schon bei geringer Drucksteigerung Galle in das Blut zurück, und zwar glaubt HEIDENHAIN, dass dieser Rücktritt aus den gröberen Gallengängen erfolge; es treten dann die Gallenstoffe (Farbstoff und Gallensäuren) im Harn auf (HOPPE-SEYLER), Schleimhäute und Haut färben sich gelb: Icterus. Nach A. RÖHRIG ist die Grösse der Gallensekretion im Allgemeinen abhängig von dem Blutreichthum der Baueingeweide. Es stimmt das damit überein, dass die Gallenabsonderung wie die Absonderung des Harns sinkt durch Blutverluste und bei ausgebreiteten Muskelcontractionen (J. RANKE), durch welche das Blut aus den Baueingeweiden in die arbeitenden Muskeln abgeleitet wird. Nerven einfluss ist in directer Weise auf die Gallenabsonderung nicht nachgewiesen. Der Vagus hat in dieser Beziehung eine indirecte Bedeutung, indem er momentan die Ausscheidungsweise auf mechanischem Wege verändert durch, dass er die Athembewegungen insgesamt, also auch die Bewegungen des Zwerchfells beeinflusst. Durch den Druck, welchen das bei Einathmung absteigende Zwerchfell auf die Baueingeweide mit der Leber ausüben, wird das Sekret derselben mechanisch ausgedrückt (HEIDENHAIN). Der nach der Nahrungsaufnahme gesteigerte Druck in der Bauchhöhle, welcher von der Anfüllung des Magens und des Darms herrührt, hat sonach zweifelsohne ebenfalls einen Einfluss auf die mechanische Entleerung der Gallengänge. Aktive in der Leber selbst gelegene Auspressvorrichtungen, Muskeln, lassen sich nicht nachweisen. Ueber den Nerveneinfluss fand PFLÜGER neuerdings, dass nach Durchschneidung der Nervi Vagi, Phrenici, Splanchnici, Sympathici, nach Zerstörung des Plexus coeliacus, nach Zerquetschung aller in die Porta hepatis eintretenden Nerven bei freiem Blutumlauf die Sekretion der Galle unverändert fortbesteht. Reizungen der erwähnten Nerven geben kein bestimmtes Resultat. HEIDENHAIN machte es wahrscheinlich, dass durch Reizung der Gefässnerven, d. h. durch Verminderung der Blutzufuhr die Sekretion verändert wird; dasselbe fand PFLÜGER für directe Application der electricischen Reizung auf die Leber. Abgesehen von dem angeführten äusseren Druck können wir als Entleerungsmoment nur das »Nachrücken« der fort und fort in den Leberzellen sich bildenden Galle, welche die schon in den Ausführungsgängen angehäuften vor sich herschiebt, anführen. In der Gallenblase sammelt sich die secernirte Galle, wird da durch Wasserresorption etwas concentrirt und während der Dünndarmverdauung in grösseren Mengen in den Darmcanal

ergossen, wohin sie sonst stetig in kleineren Mengen abfließt. Die Entleerung der Gallenblase erfolgt durch Contraction ihrer Muskulatur, die nach HEIDENHAIN durch Rückenmarksreizung künstlich herbeigeführt werden kann.

### Die Gallenbildung.

Das aus dem Darmcanal kommende Blut der Pfortader vor Allem führt der Leber das Material der Gallenbildung zu, und die Leberzellen werden um so thätiger, je grössere Stoffmenge ist, welche ihnen auf diesem Wege zukommt. Doch scheinen neuere Versuche zu ergeben, dass die Gallenbildung auch ohne die Pfortader (nach langsamer Unterbindung derselben) vor sich gehen kann (ORÉ), und dass auch von den Arterien aus Material an die Leberzellen abgegeben wird (KÜHNE und CHRZONCZEWSKY). Es ist das erklärlich, da ja das Kapillarnetz der Läppchen sowohl von der Pfortader als von der Arterie aus gefüllt werden kann, so dass sie sich für die Sekretion gegenseitig ersetzen können. Nach den Beobachtungen von FRERICHs, ORÉ, KOTTMEYER u. A. soll die Unterbindung und Obliteration der Leberarterie die Gallenabsonderung unterdrücken. Es ist das wahrscheinlich, da die Arterie das Leberparenchym ernährt, ihm Sauerstoff zuführt und es damit functionsfähig erhält. Es würde sich diese Beobachtung vergleichen lassen mit der Entdeckung GIANNUZZI's, dass die Speicheldrüsen nach Unterbrechung des arteriellen Blutstroms zu secerniren aufhören (»ermüden«), wenn auch sonst reichlich flüssiges Material zur Sekretbildung vorhanden ist (S. 263).

Nur ein Theil der Gallenstoffe stammt direct aus dem Blute: das Cholesterin und die anorganischen Salze sind hier vor Allem zu nennen: die Gallensäuren und der Gallenfarbstoff sowie das Glycogen sind erst Umwandlungsprodukte des Stoffmaterials, die die Zellen aus dem Blute in sich aufnehmen. Erstere finden sich ohne Icterus nicht in dem der Leber zuströmenden Blute; nach Exstirpation der Leber, welche Frösche längere Zeit überleben (J. MOLESCHOTT u. a.), treten sie ebensowenig im Blute auf. Die chemisch-physiologischen Vorgänge in der Leber finden mit nachweisbarer Wärmebildung statt. Das Pfortaderblut, welches vom Darm her der Leber mit den bei der Verdauung resorbirten Stoffen beladenes Blut zuführt, verändert in der Leber seine chemische Zusammensetzung nicht bedeutend, doch bedürfen fast alle angegebenen Differenzen noch sehr der Bestätigung. Es scheint konstant während der Verdauung, wenn das Pfortaderblut ziemlich viel Fett enthält, dass Fett in der Leber zurückgehalten zu werden, wenigstens zeigt sich das Lebervenenblut zum Anfang der Darmresorption noch fettarm. Das Lebervenenblut soll nicht gerinnen, während das Pfortaderblut gerinnt. Das Lebervenenblut ist weit weniger reich an Wasser (Unterschied beträgt 10%) und soll viel weniger (34% Differenz) Salze enthalten (LEMMING). Das Pfortaderblut ist reich an Blutkörperchen. Das Lebervenenblut soll 3mal mehr rote Blutkörperchen enthalten als das Pfortaderblut. Die meisten rothen Körperchen aus der Lebervene sollen aber mehr sphärisch und sehr resistent gegen Wasser sein: jugendliche Blutkörperchen (FUNK) (cf. unten Blutbildung). Die Unterschiede des arteriellen Blutes vom venösen der Leber sind noch weniger sicher gestellt als vorstehende. Die Arterien der Läppchen speisen einen sehr beträchtlichen Theil der Zellen derselben. Nach KÜHNE und CHRZONCZEWSKY kann jedes Leberläppchen geschieden werden in zwei Territorien sekretorischer Elemente, von denen das eine durch die Pfortader, das andere durch die Arterie gespeist wird.

Es ist wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil des Bildungsmaterials für die Gallensäuren Eiweissstoffe sind. Man hat früher angenommen, dass die Cholsäure, welche ihrem chemischen Verhalten, namentlich in ihren Zersetzungsprodukten durch Salpetersäure, Aehnlichkeit mit der Oelsäure zeigt, aus Fett, welches die Pfortader in reichlicher Menge der Leber zuführt und das in dieser zurückgehalten zu werden scheint, entstanden sei. Man betrachtete als Beweis dafür auch die Anhäufung von Fett in den Leberzellen, welches man sich aus dem Blute in dieselben als Bildungsmaterial abgelagert dachte. Wir wissen aus

an ebenso zu thun zu haben, wie bei der Mästung überhaupt. Für eine reichliche von Eiweissstoffen in der Leber spricht auch das oben erwähnte reichliche Vorkommen von Harnstoff in der Lebersubstanz.

Der Gallenfarbstoff bildet sich mit grösster Wahrscheinlichkeit aus Blutfarbstoff. u. A. haben darauf hingewiesen, dass das Bilirubin identisch oder wenigstens sehr nahe dem Hämatoidin, das sich aus alten Blutextravasaten bildet und durch Sauerstoff in Biliverdin übergeführt werden kann (HEINTZ). Sobald freier Blutfarbstoff im Harn vorhanden ist, so tritt im Harn Gallenfarbstoff auf; ersteres kann man erreichen durch Injektion von Wasser (M. HERMANN) oder von gallensauren Salzen ins Blut (KÜHNLE).

### Einfluss der Nahrung auf die Leberthätigkeit.

Über die Ausscheidung der Galle wurden an Thieren viele Versuche angestellt. Es wurden die Gallenmengen, die während 24 Stunden gebildet wurden, aus künstlichen Gallenfisteln entleert und bestimmt. Es zeigte sich, dass die Absonderung der festen Gallenstoffe steigt von der Zeit der reichlichen Verdauung der Eiweissstoffe an, also von der dritten bis achten Stunde nach der Nahrungsaufnahme; von da an sinkt die Absonderungsgrösse wieder rascher nach geringer Nahrungsaufnahme als nach bedeutender. BERNARD fand das Maximum der Gallenabsonderung in die 7. Stunde nach der Nahrungsaufnahme. Nach ARNOLD und VOIT steigt die Gallenabsonderung sogleich nach der Nahrungszufuhr. Dabei ergeben die Versuche, dass die Gallenmenge mit der procentischen Menge von Eiweissstoffen, welche in der Nahrung genossen werden, während Fett allein sie nicht nur nicht vermehrt, sondern vermindert, wie es ja überhaupt den Eiweissumsatz im Blut herabsetzt. Die grössten Gallenmengen werden abgesondert bei gesteigerter Fleischaufnahme neben wenig oder keinem anderen Nahrungsbestandtheile. Am wenigsten Galle liefert eine Nahrung mit viel Fett und sehr wenig Eiweiss.

gesteigerte Arbeitsleistung der Muskulatur den Drüsen und vor Allem der Leber entzogen wird, das dem arbeitenden Organ in gesteigerter Menge zufließt (J. RANKE). Bei Hunger sinkt die Gallenmenge. Umgekehrt kann durch Vermehrung der Flüssigkeitsmenge in den Leberblutgefäßen die flüssige Absonderung der Galle gesteigert werden. Bei der Verdauung, wenn der Blutzufluß zur Leber vermehrt ist, wächst die Gallenabsonderung. Einspritzung von Flüssigkeit in die Blutgefäße (Wasser, auch Lebergalle, J. RANKE, Lösungen von gallensaurem Natron, SCHIFF) steigert die Gallensekretion, dasselbe thun Wassertrinken (?). Die Wiederherstellung der Blutcirculation in der Leber frisch geschlachteter Thiere (SCHMULEWITSCH) erneuert die Gallenausscheidung (?) ebenso die Einleitung von Wassercirculation in den Gefäßen (PFLÜGER).

Die Menge der vom Menschen durchschnittlich gelieferten Galle schätzte man bisher auf 160 — 1200 Gramm in 24 Stunden nach den Bestimmungen an Katzen und Hunden unter Berücksichtigung des verschiedenen Körpergewichtes. Die beobachteten bedeutenden Verschiedenheiten der Absonderungsgroße der Galle bei verschiedenen Thierarten nehmen dieser Rechnung ziemlich ihren Werth. Es glückte mir, eine Gallenfistel bei einem Manne zu beobachten und zuerst einige Bestimmungen der in 24 Stunden ausgeschiedenen Galle zu machen. In Folge eines Echinococcus hepatis war ein Durchbruch in einen Lungenbronchus erfolgt. Zeitweilig wurde keine Galle in den Darm, sondern alle durch die Lunge entleert. Der Mann wog 47 Kilogramm. Im Mittel schied er in 24 Stunden aus 652 Gramm Galle mit 20,6 Gramm festen Stoffen und 11 Gramm Gallensäuren, im Minimum 415 Gramm, im Maximum 945 Gramm. Ein Kilogramm Mensch secernirt sonach in 24 Stunden im Mittel 14,0 Gramm flüssige und 0,44 Gramm feste Galle, im Maximum 20,11 Gramm flüssige und 0,8 Gramm feste Galle. Analoge Beobachtungen v. WITTICH's an einer durch Gallensteine entstandenen Gallenblasenfistel bei einem Weibe ergaben in 24 Stunden 88<sup>cc</sup> abfließende Galle, in 10 Stunden 224<sup>cc</sup>. v. WITTICH berechnete daraus für den Tag eine Ausscheidung von 532,8<sup>cc</sup> Galle, was mit meinen Beobachtungen gut stimmt. Die Zusammensetzung des Lebersekretes fand ich quantitativ sehr genau mit der oben von v. GORUP-BESANEZ gegebenen übereinstimmend mit Ausnahme des Wassergehaltes. Nach den älteren Beobachtungen von FRERICH'S und v. GORUP-BESANEZ besitzt die Blasengalle des Menschen im Mittel 13,65% feste Stoffe, während nach meinen Bestimmungen das frische Lebersekret des Menschen nur 3,16% feste Stoffe enthält. Die mittlere Zusammensetzung des Lebersekretes und der Blasengalle, erstere nach meinen, letztere nach den Bestimmungen von FRERICH'S und v. GORUP-BESANEZ ist bei dem Menschen folgende:

	Blasengalle:	Lebersekret:
Gallensäuren	54,8%	53,5%
Fett	21,8 -	14,5 -
Cholesterin		
Farbstoff	16,0 -	17,3 -
Schleim		
Asche	6,0 -	14,8 -

Die Asche des Lebersekretes beträgt 14,8% im Mittel, während die Blasengalle

% enthält. Diese Beobachtungen beweisen, dass neben Wasser auch nische Salze in der Gallenblase resorbirt werden. Die Verschiedenheiten en Lebersekret und Blasengalle, welche wir am Menschen beobachteten, sich auch etwa in denselben Grenzen bei Thieren. Eine Verminderung organischen Salze in der Gallenblase des Hundes scheinen auch die leider ollkommen beweiskräftigen vergleichenden Aschenbestimmungen HOPPE- s zu ergeben; er bestimmte im trockenen frischen Lebersekret 8,0 %, Blasengalle dagegen nur 0,88 % anorganische Stoffe. Es ist nach unse- 126—136 zusammengestellten Beobachtungen selbstverständlich, dass es i der Resorption in der Gallenblase nicht um einen »einfachen« Diffu- rgang handeln könne. Je nach den verschiedenen Körperzuständen, ja Blutveränderungen setzen, die denen durch Nahrungsaufnahme ganz sind, wird die abgesonderte Menge der Gallenstoffe bei ein und demsel- lividuum sehr bedeutend verschieden sein. Je eiweissreicher ein Orga- ist, desto grösser wird seine Gallenabscheidung. Damit mag es zusam- gen, dass die Galle, welche man aus gesunden weiblichen Leichen ichte, procentisch wasserreicher war als die aus gesunden männlichen. er des Individuums wird sich entsprechend dem grösseren Wasserreich- welchen die Organe in der früheren Jugend und im hohen Alter wie im einen bei dem weiblichen Geschlechte zeigen, nach derselben Richtung machen.

e Zucker bildende Thätigkeit der Leber, begründet auf das en und das in der Leber vorkommende sacharificirende Ferment (v. Wit- geht mit der Galle bildenden nicht Hand in Hand, sodass es wahr- lich verschiedene Vorgänge sind, welche diese beiden Hauptprodukte der liefern. Bei niederen Thieren können es sogar verschiedene Organe sein, Zucker und Galle liefern (bei *Limax flava*, BERNARD). Die Gallenab- rung steigt, wie oben angegeben, vom Moment der Nahrungsaufnahme grösste Steigerung findet aber erst 5—7 Stunden später statt. Die genbildung steigert sich dagegen nach Aufnahme der Nahrung und 1 der Zeit des Maximums der Gallenabsonderung (BERNARD).

h meinen directen Bestimmungen der täglichen Gallenausscheidung des ben wurden ausgeschieden von dem 47 Kilogramm schweren Gallenfistelmann:

	flüssige Galle	feste Galle
	sp. G. 1025	
Beobachtung I.	405 <sup>cc</sup> = 445 Gramm	44,74 Gramm
- II.	645 <sup>cc</sup> = 664 -	47,34 -
- III.	595 <sup>cc</sup> = 640 -	20,17 -
- IV.	604 <sup>cc</sup> = 646 -	46,74 -
- V.	922 <sup>cc</sup> = 945 -	37,00 -
im Mittel:	633 <sup>cc</sup> = 652 Gramm	20,60 Gramm.

quantitative Zusammensetzung des Lebersekretes war in den 5 beobachteten Fällen massen, in 24 Stunden in Gramm:

	I.	II.	III.	IV.	V.	Im Mittel:
	(Minimum)				(Maximum)	
ren . . . . .	6,32	6,88	14,48	9,39	47,54	11,0
Cholesterin	4,67	3,90	0,97	4,76	7,55	3,2
und Schleim	2,04	4,24	2,07	2,94	4,32	3,2
. . . . .	4,72	2,32	2,65	2,68	6,59	3,2
. . . . .	44,72	17,34	20,17	46,74	36,00	20,6

Auf hundert feste Galle berechnet ist die Zusammensetzung des Lebersekretes in meinen 5 Versuchen in folgender Tabelle zusammengestellt:

	I.	II.	III.	IV.	V.	Im Mittel:
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Gallensäuren . . . . .	53,4	40,0	71,8	54,9	47,4	53,45
Fett	44,2	22,5	4,8	10,5	20,4	14,45
Cholestrin }						
Farbstoff	47,8	24,4	10,3	19,8	14,4	17,30
Schleim }						
Asche . . . . .	44,6	42,4	43,4	44,8	47,8	44,70
Summa . . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00

Am auffallendsten sind unter diesen Ergebnissen die sehr bedeutenden Schwankungen im procentischen Fett- und Cholesteringehalt der verschiedenen Gallenportionen. Es hat diese Beobachtung auf eine bedeutende Beeinflussung der Zusammensetzung der Galle je nach der Nahrung schliessen, eine Frage, die bisher noch nicht exakt in Angriff genommen worden ist, aber eine Erledigung verdient

Die Leber des Gallenfistelhundes, an dem Bischoff mit Vorz beobachtete, wog nach E. Bischoff 777 Gramm, sie producirte im Mittel nach der obigen Angabe 9 Gramm feste Galle im Tage.

Die Leber eines erwachsenen Menschen wiegt z. B. nach den Wägungen E. Bischoffs bei einem Hingerichteten 1600 Gramm. Da das Lebergewicht unseres Gallenfistelmannes nicht exakt zu bestimmen ist, können wir uns an diese Zahl halten. Es wurden demnach im Mittel gleiche Sekretionsintensität für das gleiche Lebergewicht von Hund und Mensch vorausgesetzt, vom Menschen in 24 Stunden nach der Rechnung 20 Gramm fester Galle ausgeworfen werden. E. Bischoff berechnet die gleiche Grösse für die vom Menschen gelieferte Lebermenge. Unsere oben mitgetheilte beobachtete Mittelzahl stellt sich, ganz der Rechnung entsprechend, auf 20,6 Gramm feste Galle.

Mitwirkung der Galle bei der Verdauung.

Die Einwirkung der Galle bezieht sich vorzüglich auf das Fett. Sie ist



Schütteln von Oel mit Galle entstandenen Fetttröpfchen meist noch ziemlich viel grösser als die Zellen des Darmepithels.

Die wichtigste Eigenschaft der Galle für die Fettverdauung scheint darin zu bestehen, dass sie sich mit Fett sowohl als mit Wasser zu mischen vermag. Dadurch, dass sie in den Darm ergossen, in die Schleimhaut eingesaugt wird und die feinen, kapillaren Oeffnungen der Darmzotten erfüllt, bahnt sie den Weg für den Fetteintritt. So lange die Zellenmolekularöffnungen nur mit Wasser oder mit einer wässerigen Lösung durchtränkt werden, wie es ja sonst alle thierischen Gewebe sind, so lange kann Fett sich nicht in sie nach den für das lebende Protoplasma geltenden modificirten Gesetzen der Endosmose einsaugen, da sich das Fett nicht mit Wasser zu mischen vermag. Erfüllt aber an Stelle des Wassers eine Gallenlösung die genannten Molekularöffnungen, so kann das Fett, indem es sich mit Galle mischt, eindringen (WIRTINGHAUSEN, H. C. WILLIAMS). Das Experiment ist an zwei Papierfiltern zu machen, von denen man das eine mit Wasser, das andere mit Galle tränkt; das erstere ist für Oel ganz undurchgängig, während das zweite dem Oele den Durchtritt gestattet. Es ist sonach die Wirkung der Galle auf das Fett eine vorwiegend mechanische. WILLIAMS fand, dass ausser Galle auch alkalische Reaction den Durchgang von Fett durch capillare Poren befördert, während saure Reaction störend wirkt.

Auch für die Eiweissverdauung hat die Galle einen indirecten Nutzen.

Die Galle hat die Eigenschaft, Lösungen von Eiweissstoffen in sehr verdünnter Salzsäure: Syntonin oder Parapepton so wie die eigentlichen Peptone und das Pepsin zu fällen (BERNARD) (cf. oben S. 297). Es schlägt die Eiweissstoffe an die Darmwand nieder, die hier angeklebt den verdauenden Einwirkungen der anderen Darmsekrete: Bauchspeichel und Darmschleim, für längere Zeit ausgesetzt bleiben, so dass sie besser verdaut, ausgenützt werden können. In schwachen Alkalien löst sich der Niederschlag durch die Galle wieder auf. Die fallende Wirkung kann die Galle also nur im Magen und oberen Theil des Darms, wo, wie oben angegeben, noch saure Reaktion des Inhaltes herrscht, haben. Da das Pepsin durch eine Spur Galle schon niedergeschlagen wird, wird durch Eintritt von Galle in den Magen die normale Verdauung gestört (S. 297).

Es wurde von NASSE für die Schweinegalle nachgewiesen, dass sie aus Zucker bilden könne. J. JACOBSON, v. WITTICH, KÜHNE haben diese saccharificirende Wirkung der Galle, beruhend auf einem Gehalt an dem Ptyalin analogem diastatischem Ferment, bei verschiedenen Repräsentanten der Wirbelthierklassen (namentlich für Rindergalle) festgestellt, v. WITTICH auch für frische, aus einer Gallenblasenfistel gewonnene Menschengalle. (Trypsin und Pepsin fehlen der Galle, KÜHNE.)

Es wird nur ein kleiner Theil der Galle mit dem Koth ausgeschieden, während eine so bedeutende Menge in den Darm gelangt, die Galle wird also im Darm zum grössten Theil wieder resorbirt, oder umgewandelt und zerstört.

Die Galle verhindert nach mehrfachen älteren Experimentalangaben (unten) im Kothe die faulige Zersetzung, was neuerdings bezweifelt werden will.

In das Blut aufgenommen (bei Icterus), stört sie namentlich in den Nerven und Muskeln die normalen Stoffwechselvorgänge, auf denen die mechanischen Leistungen der Organe beruhen. Die Bewegungen des Herzens sind es zuerst, die unter dieser Gallenwirkung leiden, sie werden verlangsamt (RÖHNIGK). Das frische Lebersekret zeigt aber im Blute keine solche Einwirkungen (J. RANKE). SCHIFF behauptet, dass die Galle die Contraction der Darmzotten anrege (cf. unten).

**Historische Bemerkungen.** — Die Leberzellen entdeckten DUTROCHET, PURKINJE und HENLE (1838). Bis in die neueste Zeit wird die Diskussion über den Bau der Leber fortgeführt, die, wie es scheint, durch die oben citirten Untersuchungen von HERING entschieden wurde. Der Harnstoff in der Leber wurde zunächst von HEYNSIUS, der Zuckergehalt von CL. BERNARD 1853 nachgewiesen. HEYNSIUS (1856), LEHMANN, v. BECKER haben in Deutschland BERNARD'S Angaben bestätigt und erweitert. Auch in England und Frankreich rief die BERNARD'sche Entdeckung eine reiche Literatur hervor. EUG. PÉLOUZE gab die Elementaranalyse des Glykogens, das zuerst BERNARD 1857 aus der Lebersubstanz darstellte, dessen Existenz er schon früher behauptet hatte. Die erste sehr genaue Beschreibung der kleinsten Blutgefäße in der Leber lieferte 1834 der Engländer KIERNAN, später THEILE, GERLACH, KÖLLIKER u. v. A. Die Muskulatur der Lebervenen fand 1855 BERNARD, REMAK bestätigte die Beobachtung noch in demselben Jahre. BEALE hat zuerst die Lymphgefäße der Leber direct injicirt.

Die Untersuchung der Leberthätigkeit und der Galle trat durch die Anlegung von Gallen fisteln in ein neues Stadium, da bis dahin nur Blasengalle zur Untersuchung zu Gebot stand. SCHWANN beschreibt 1844 die erste von ihm beim Hund angelegte Gallenfistel. 1846 bestimmte BLONDLOT auch an einer Gallenfistel des Hundes die Menge der im Tage secernirten Galle und berechnete daraus für den Menschen 200 Gramm im Tage. Zu höhern Ziffern kamen BUNDE und SCHMIDT mit ihren Schülern (STACKMANN und SCHELLBACH) 1849 und 1850. Weiter sind zu nennen die Untersuchungen von LEHMANN, NASSE, KÖLLIKER und H. MÜLLER, BISCHOFF, u. v. A. Durch die permanenten Gallen fisteln wurden auch sichere Gesichtspunkte über die Wirkung der Galle gewonnen. BLONDLOT und SCHWANN gelang es zuerst, Hunde mit Gallen fisteln längere Zeit am Leben zu erhalten; NASSE bemerkte, dass der von ihm operirte Hund sehr frässig wurde. Die Gallen fistelhunde waren stets sehr abgemagert, so dass man im Zusammenhang der Abmagerung mit der gesteigerten Fressbegierde eine unvollkommene Absorption eines oder mehrerer wichtiger Nahrungsstoffe im Darm vermuthen musste. Analog waren die Verhältnisse bei meinem Gallen fistelmann. Schon früher war auf den Nutzen der Galle für die Fettverdauung hingewiesen worden (HALLER), man hatte beobachtet (TIEDEMANN und GMELIN), dass dem Chylus die weisse Farbe fehlt, die von dem Fettgehalt desselben herrührt, wenn die Galle nicht in den Darm treten kann, ein Resultat, welches sich übrigens auch auf den gleichzeitigen Ausfall der Pankreassekretion mit beziehen mag. SCHELLBACH und LENZ gelang es, gestützt auf die vorhergehenden Versuche von BOUSSINGAULT und NASSE, das Maximum der Fettverdauung bei gesunden Thieren, nachzuweisen, nicht nur dass eine grössere Nahrungsmenge erforderlich ist für die Erhaltung der Gallen fistelhunde, sondern dass auch das Maximum der aufnehmbaren Fettmenge bei denselben sehr bedeutend herabsinkt. LENZ (1851) arbeitete wie SCHELLBACH (cf. oben) unter Leitung von BIDDER und SCHMIDT. Die gesteigerte Gefrässigkeit der Hunde mit Gallen fisteln, die nach dem Gesagten nur eine geringe Quantität Fett aufnehmen können, sich sonach von Fleisch und Kohlehydraten erhalten müssen, ergibt sich mit Nothwendigkeit aus den Ernährungsgesetzen. LENZ wies nach, dass Fettsäuren durch Galle gelöst werden, was bei der Fähigkeit des Pankreassaftes zur Fettverdauung wichtig wird. Von BIDDER und SCHMIDT mit v. WISTINGHAUSEN wurden die oben angegebenen Einflüsse der Galle auf die Fettresorption entdeckt. Den fauligen Geruch des Darmsaftes der Gallen fistelhunde bei Fleischgenuss, die stark saure Reaktion bei vegetabilischer Nahrung bemerkte VALENTIN. Die Aufsaugung der gallensauren Alkalien im Darm hat LIEBIG

che der Faeces erschlossen. FAEMICH und neuerdings KÜHNZ nahmen dagegen nur Bildung der Galle in mehr unlösliche Produkte an, wogegen SCHREIBACH, LEHMANN, auf der LIEBIG'schen Lehre beharren.

Untersuchungen von STAECKER im LIEBIG'schen Laboratorium in Giessen basiren auf Anschauungen über die qualitative Zusammensetzung der Galle. Die Chemiker hatten je nach den verwendeten Methoden verschiedene Resultate erhalten.

807) nannte den Hauptbestandtheil der organischen Stoffe der Galle: »Gallensloff«. 806) zerfallte diesen nach einer anderen Methode in »Gallenbarz« und Picramel.

fand GUELIN in der Galle noch: Cholesterin, Oelsäure, Salzsäure, Cholsäure,

BERZELIUS machte darauf aufmerksam, dass die Bestandtheile der Galle sich unter is verschiedener Reagentien in verschiedener Weise zersetzen. DEMARCAZ behauptete, dass die Hauptmasse der Galle eine seifenartige Verbindung sei einer eigenthümlichen, »Gallensäure« (acide cholique), mit Natron. Noch 1840 schliesst sich BERZELIUS an die Ergebnisse der GUELIN'schen Untersuchungen an, wenn auch die Bezeichnungen der gefundenen Stoffe verschiedene sind, z. B. Bilin für Picramel etc. Dagegen geht

1) von der Untersuchung DEMARCAZ's aus. Er hält wie dieser die Galle der Haupttheil für eine seifenartige Verbindung der »Gallensäure« (um nicht durch Nomenklatur zu verwirren, nennen wir den deutschen Namen) mit Natron, deren Zerlegbarkeit in Natron und eine neue Säure er fand. Die Unterscheidung der beiden Gallensäuren gehört zu STAECKER's Verdiensten. Die Gallenfarbstoffe wurden schon gut von STAECKER beschrieben.

MÜLLER berichtet, hat WENNER zuerst beobachtet, dass Galle zu Blut gesetzt eine lebhafte Blutröthe im Serum bedingen soll. HÜBNER machte die Beobachtung, dass Gallensäure (gallensaure Alkalien zum Theil) die Blutkörperchen löse, was in der That vielfach bestätigt wurde. KÜHNZ denkt daraus zu dürfen, dass in der Leber Blutkörperchen zerstört werden und der Farbstoff den Gallenfarbstoff erzeugen könnte. Die Untersuchung an Fisteln bei dem Menschen wurde von KÜHNZ veröffentlicht über die secernirten Gallenmengen veröffentlicht.

Entwicklungsgeschichte. — Die Leber (KÖLLIKER) bei Säugethieren (und Menschen) in der dritten Embryonalperiode auf, zunächst nach der Anlage des Wolff'schen Niere). Bei dem Hühnchen zeigt sich die Leber

in der ersten Hälfte des dritten Brüttags angelegt. Nach KÖLLIKER ist die erste von ihm zweimal beobachtete Anlage bei Säugethieren (Hunden) eine kleine doppelte Ausbuchtung an beiden Wandungen des Duodenums dar (Fig. 74).

KÖLLIKER bemerkte, dass beide Leberanlagen sich zeitig bilden. REMAK beobachtete, wie vor ihm

J. MÜLLER, dass sich wie beim Hund die erste Leberanlage auch beim Hühnchen bildet, als zwei Blinddarmtaschen unmittelbar hinter der Anlage des Magens an der Wand des Duodenums herabsprossen, zuerst aus der Darmfaserplatte und dem Darmdrüsenzylinder). Nach J. MÜLLER verdickt sich rasch die Leberanlage sehr bedeutend, sie wächst überaus rasch, umfasst mit ihren beiden Lappen die Vena portae, welche vom Dottersack zum Herzen geht.

In der Leber entwickeln sich reiche Blutgefässe in die Leber hinein. Schon in der Embryonalperiode ist die Leber des Menschen ein grosses, blutreiches Organ, das mit zwei grossen Lappen die ganze Breite der Bauchhöhle hinter und vor dem Herzen

Fig. 74.



Darm eines Hundeembryo von unten vergr. dargestellt. Nach BISCROFF. a Kiemen- oder Visceralbogen, b Schlund u. Kehlkopfanlage, c Lungen, d Magen, f Leber, g Wände des Dottersackes, in den der mittlere Theil des Darmes noch weit übergeht, h Enddarm.

und vor dem Magen und den WOLFF'schen Körpern einnimmt. Am Ende des dritten Monats nimmt die zu einem kolossalen Organe herangewachsene Leber fast die ganze Unterleibshöhle ein. Erst in der zweiten Schwangerschaftshälfte beginnt ein geringes Zurückbleiben der Leber im Wachsthum, welches den linken Lappen mehr trifft als den rechten; ersterer erscheint nun etwas kleiner. Nach der Geburt, mit Wegfall der Blutzufuhr von Seite der Umbilicalvene, tritt primär eine rasche Verkleinerung der Leber ein (cf. unten: Leberprobe), welche aber bald wieder eine Volumzunahme folgt. Durch Wachsthum der aus der Darmfaserschicht abstammenden Faserschicht der Leberanlage, zu welcher die aus der Vena cava phalo-mesenterica wuchernden Gefässe kommen, bildet sich die äussere Form der Leber, ihre Massenanlage beim Hühnchen aus (REMAK). Dagegen entwickeln sich von dem Epithel der primitiven Lebergänge (dem Darmdrüsenblatt) aus solide Sprossen in die Faserschicht hinein, REMAK's Lebercylinder. Die Bildung der Drüsenparenchyms der Leber (Leberzellen etc.) schreitet dann zunächst nach dem Schema der Bildung der traubenförmigen und tubulösen Drüsen fort, an welche sich die Leber ja auch im erwachsenen Zustand anschliesst, wie uns die neuesten Erforschungen (HERING) gelehrt haben. Die soliden Lebercylinder wachsen weiter, verästeln und verbinden sich (es ist das der Leber eigenthümlich) durch Anstomososen. So entsteht zwischen den Blutgefässen eine Netzbildung der Lebercylinder; am fünften oder sechsten Tag sind bei dem Hühnchen alle freien Enden der Lebercylinder verschwunden und diese in der Netzbildung aufgegangen. Ein analoges Bild fand KÖLLIKER bei einem menschlichen Embryo von 7 Wochen. Die anastomosirenden Lebercylinder sprechen sonach den feinsten Drüsencanälen anderer Drüsen; durch die Beobachtungen HERING wissen wir nun auch, dass sie in der Folge im Innern, wenn auch sehr zarte, Höhlungen (Lebercapillaren) erhalten, wie jene. Auch die Gallengänge entwickeln sich nach dem Typus der Ausführungsgänge der traubenförmigen Drüsen durch primär solide, später sich ausbühnende traubenförmige Sprossung. Die primitiven Gallengänge sind die Ductus hepatici. Der Ductus choledochus entwickelt sich vielleicht (KÖLLIKER) durch ein secundäres Hervorwuchern der Leber an der mündungsstelle der beiden primitiven Gänge. Die Gallenblase entsteht (beim Hühnchen) als eine hohle Aussackung des rechten primitiven Leberganges. Bei Säugern ist sie schon im dritten Monat vorhanden.

Sicher ist die Leber schon für das Embryonalleben von grösster Wichtigkeit, wie vor Allem die grosse Menge Blut beweist, welche dieselbe durchströmt. Die Gallensekretion kann ihr diese Bedeutung gewiss nicht geben; wir werden wichtige Umwälzungen des Blutes (cf. Blutbildung) in ihr vermuthen müssen. Die Gallensekretion beginnt schon während des dritten Fötalmonats bei dem Menschen auf, erreicht aber vielleicht erst im vierten Monat eine hohe Entwicklung. Gegen die Meinung, dass die Hauptmasse im Darm der zur Resorption bestimmt ist, scheint zu sprechen, dass bei dem Fötus die Galle im Darm sich anhäuft. Im dritten bis fünften Monat findet sich eine gallenartige Materie im Dünndarm, die vor der Geburt bis zum Mastdarm die Därme erfüllt (Meconium, Kindspech S. 332). Die Gallenblase füllt sich vom sechsten Monat an mit Galle.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die Formen der Leber bieten bei Wirbelthieren und Wirbellosen eine grosse Reihe von Verschiedenheiten dar, welche sich jedoch, wie es scheint, alle aus den im Vorstehenden geschilderten Stadien der Entwicklungsgeschichte beleuchten lassen. Im Allgemeinen sehen wir primär die Aussackung des Darmrohrs, aus der sich dann Schläuche bilden, die dann mit einander in Communication treten und dadurch ein Gewebe herstellen, das mehr oder weniger dem der entwickelten Menschenleber entspricht. Im Allgemeinen ist vor auszuschicken, dass HOPPE-SEYLER (1866) hinweist, es seien bis jetzt in den »Lebern« der Wirbellosen Gallenfarbstoff und Gallensäure noch nicht aufgefunden. Er bezweifelt daher, ob man die betreffenden Organe mit Recht Lebern bezeichne. Auch der Amphioxus lanc. habe keine Galle. Anders ist es mit Glycera.

Zuerst sind zu nennen eine Anzahl von Thieren, bei denen die »Leberzellen« sich unmittelbar in der Magen- und Darmwand finden. Dieses Verhalten zeigt sich bei dem niedersten Wirbelthiere (Branchiostoma lubricum = Amphioxus lanceolatus (J. MÜLLER)). Hier führt

e in einen weiteren Theil des Darms, der in seiner inneren Wand die mit braun-sse (Galle?) gefüllten Zellen trägt, die mit einer scharfen Grenze gegen die übrige it sich absetzen. Analog bei mehreren Arthropoden (z. B. Larven von Myrmecoleon s), Rotatorien, Ringelwürmern (Nais, Lumbricus) (LEYDIG). Nach der Beschreibung mellt die Anlage des Darmepithels und der Leberzellen bei den Lumbricinen der ng, die ROLLETT und HEIDENHAIN neuerdings von den Labdrüsen gegeben haben.

des Darmrohrs wird von einer farblosen Zellschicht ausgekleidet. Hinter diesen, om Lumen des Darms getrennt, liegt die Schicht der »Leberzellen«.

en wirbellosen Thieren besitzen Krebse, Arachniden und Mollusken eine vom Darm getrennte Leber, immer besteht sie aus der bindegewebigen Grund-kretionszellen, der embryonalen Anlage bei dem Menschen entsprechend. Einer-e Leber aus wenigen kürzeren, unverzweigten Blindsäcken zusammengesetzt (En-, Phyllopoden). Ihre spärlichen Blindsäcke verlängern sich entweder zu langen (Isopoden, Amphipoden, unter den Mollusken bei Cressis) oder sie verästeln sich, nastomosiren, und werden sehr zahlreich wie bei den Cyrripeden und höheren hierher gehören die Lebern der Bivalven, mancher Gasteropoden und Heteropoden. dass die verästelten Leberfollikel anastomosiren, entstehen andererseits Leberbil-e an die Leber der (höheren) Wirbelthiere erinnern (Limax, Paludina vivipara und teropoden, noch mehr bei Thetys, Doris etc.) (LEYDIG). Von allgemeinem Interesse die Muskellagen, welche LEYDIG sowohl im Bauchfellüberzug der Leber als en Leberfollikeln bei Paludina aufgefunden hat. Um die Leberschläuche mancher iscus, Gammarus etc.) verlaufen sie zumeist in regelmässigen Circulärlagen. In von kleineren Crustaceen, Mollusken, konnte P. PICARD kein Glycogen resp. Zucker n. Dagegen fand er in der Leber des Hummer 0,4—0,5, in der von Krabben 0,3, afisch 0,2% Glycogen. Auch bei anderen wirbellosen Thieren: Echinodermen, en, Polypen war Glycogen nachweisbar.

den Wirbelthieren ist bei dem schon oben erwähnten Amphioxus neben dem en« tragenden Theile der Darmschleimhaut noch ein auch als Leber zu deutender uch des Darmrohrs vorhanden (J. MÜLLER), der mit denselben Zellen ausgekleidet rechend der doppelten Anlage der Leber (cf. Abbildung) bei dem Embryo erhalten en Myxinen beide Hälften von einander getrennt. Bei manchen Fischen und den zeigt sich dagegen gar keine Lappenbildung. Entsprechend der embryonalen Du-r Gallengänge sehen wir bald diesen Zustand fortbestehen, oder es bildet sich wie menschen und einzelnen Säugern ein einfacher Gang zum Darmrohr, oder es treten ngen der primären Ausführungsgänge ein, wodurch Canäle zweiter Ordnung zu gsgängen werden, die dann in grosser Zahl auftreten (GEGENBAUR). Zwei Ductus erici finden sich in der Regel bei den Vögeln, wovon dann einem die Gallenblase 4. Wo mehrfache Ductus hepato-enterici vorhanden sind, da bilden diese oft Ma-unter einander (Schlangen, Eidechsen). Die Gallenblase tritt als einseitige g irgend eines der Gallengänge auf und nicht als konstantes Gebilde. Sie fehlt hl von Thieren; unter den Säugethieren gehören hierher die Einhufer, ferner die lameele, Elephanten, Nashorn, Hamster, viele Mäusearten, Castor, Tardigraden,

Das Fehlen zeigt sonach keine Gesetzmässigkeit. Beim Pferd und Elephant sind rungsgänge der Leber sehr erweitert. Unter den Vögeln fehlt die Gallenblase ey, Kukuk, Strauss, Taube, Haselhuhn. Unter den Fischen fehlt sie der Lamprete . Bei den Teleostiern stellt sie einen langen Blindcanal dar. Sie kann auch in ubstanz verborgen sein (GEGENBAUR).

lachiern und anderen Fischen ist die Leber ganz ungemein fettreich, so dass bei ren die Fettbildung die Hauptfunction der Leber scheint. Wenn man in die er der Chimaera monstrosa Einschnitte macht, so sammelt sich in ihnen sogleich . Bei dem Stör wechselt reichliche Fettfüllung der Zellen mit Fettarmuth, wobei llen nur feine Punktmassen enthalten. Nach LEYDIG's merkwürdiger Beobachtung



scheint die dann sehr fettreiche »Leber« von Paludina vivipara , wenn sie sich im Monat November zum Winterschlaf vorbereitet , Fett in den Magen abzusondern , so dass gewisse Analogie der Leberabsonderung dieser Schnecke mit der Absonderung der Talgdrüse zu Tage tritt. Es ist bekannt , dass durch reichliche Nahrungszufuhr und mangelnde Muskelbewegung im Allgemeinen Fettreichthum der Leber eintritt (bei Gänsen etc.). P. P. konnte sowohl bei Knochen- als Knorpelfischen Glycogen resp. Zucker in der Leber nachweisen, bei ersteren 4,4—6,4 0/0, bei letzteren 0,3—1,6 0/0 des Lebergewichts.

In der Menschengalle wechselt das Verhältniss der Menge der beiden Gallensäuren einander offenbar in weiten Grenzen. v. GORUP-BESANZ fand in ihr reichlich taurocholsaures Natron, dagegen E. BISCHOFF, LOSSEN und ich vorwiegend glycocholsäures Natron und dementsprechend einen geringen Schwefelgehalt der Menschengalle. Die Hundegalle soll nur taurocholsaures Natron enthalten (HOPPE-SEYLER), die Känguruh-Galle fast nur glycocholsaures Natron (SCHLOSSBERGER), wenn hier die Gallensäure nicht, wie oben vom Schwein (und der Gans) angegeben, eine eigene Modifikation zeigt. Die übrigen untersuchten Gallen von Säugethieren zeigen sich, wie es scheint, aus beiden Gallensäuren gemischt. Dagegen scheint die Schlangengalle nur aus taurocholsaurem Natron zu bestehen (SCHLOSSBERGER). Die Galle der Fische enthält auch vorwiegend Taurocholsäure, diese ist bei den Seefischen nicht als Natron, sondern mit Kali verbunden. Während bei den Säugethieren das Kali in der Galle fast ganz zurücktritt, findet sich auch bei den Süßwasserfischen und Schildkröten neben mehr Kali. Diese wechselnde Vertheilung ist sehr merkwürdig, da sie den Ernährungsbedingungen entgegengesetzt ist, welche gerade den Seefischen so reichlich Natron zuzuführen pflegen.

Ueber die in 24 Stunden von 1 Kilogramm Thier abgesonderten Gallenmengen gibt folgende kleine Tabelle Aufschluss:

1 Kilogramm: secernirt in 24 Stunden Galle:

	feucht	trocken	
Mensch (direct bestimmt)	44,0	0,44 Gramm	(J. RANKE)
Kaninchen (berechnet)	136,8	2,47 -	-
Meerschweinchen -	164,0	3,28 -	-
Hund (berechnet) . . .	20,0	0,98 -	(BIDDER UND SCHMIDT)
Katze - . . .	44,5	0,82 -	-
Schaf - . . .	35,4	1,34 -	-
Gans - . . .	44,8	0,82 -	-
Kräh e - . . .	72,4	5,26 -	-

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Die Veränderung des Lebergewichts nach der Geburt (S. 330) hat zur Aufstellung der sogenannten »Leberprobe« der gerichtlichen Medicin geführt, die aber bei den stattfindenden grossen Schwankungen im Lebergewichte und im Verhältniss zum Körpergewichte sehr wenig entscheidende Aufschlüsse geben kann. Das Verhältniss des Lebergewichts zum Körpergewichte ist am Ende der Schwangerschaft 1 : 10, bei Erwachsenen 1 : 36, beim Neugeborenen 1 : 20. — Das oben erwähnte Kindspech, Meconium, ist ein Gemisch verschiedener Sekrete, und zwar der Leber, der Bauchspeicheldrüse, der Darmschleimhaut, gemischt mit Vernix caseosa von der Embryohaut, welche der Embryo mit dem Fruchtwasser eingeschluckt wird. Daher stammen auch die von FÖLSEK nachgewiesenen Epidermisplättchen, Härchen und Fettkügelchen. ZWEIFEL fand den Wassergehalt des frischen Meconiums zu 80 0/0, Asche 4 0/0, Fett 0,80 0/0, ebensoviel Cholesterin. Gallenbestandtheile lassen sich Gallensäuren, Farbstoff (Biliverdin und Bilirubin) und Cholesterin nachweisen; ausserdem Mucin, Spuren von Ameisensäure und höheren flüchtigen fetten Säuren, sowie nichtflüchtige fette Säuren. Das Meconium reagirt schwach sauer. Die Asche des Meconiums fand ZWEIFEL in einem Falle in Procenten zusammengesetzt aus: unlöslicher Substanz 2,4, phosphorsaures Eisenoxyd 3,44, Schwefelsäure 23,0, Chlor 2,33, Phosphorsäure 5,44, Kalk 5,7, Magnesia 4,0, Kali 8,6, Natron 44,0. Gase soll der Embryodarm nicht enthalten.



stoffe finden sich dann auch im Lebergewebe selbst. Durch Einspritzungen von Indigoblau in die Venen geht dieser Stoff in Galle und Harn über, in die Galle unter den Bedingungen auch Traubenzucker. Wird sehr viel Wasser in die Venen injicirt, so wird Harn eiweisshaltig. Besonders häufig findet man in der Leber Leucin und Tyrosin früher für charakteristisch bei akuter Lebererweichung angesehen hatte. Während der Gehalt der Leber normal etwa zwischen 2—3—5% schwankt, steigt er bei Fettleber an (FRERICHS, BIBRA). Bei Diabetes mellitus ist der Zuckergehalt der Leber vermehrt. Man glaubte früher, dass sich die oben genannten schweren Metalle und namentlich auch das Quecksilber in der Leber im Körper fixirten. Nach Sublimatschmierkuren habe ich Wochen und Monate nach der Einreibung nicht nur in der Leber, sondern vor Allem in den Lymphdrüsen des Darms, in den Nieren, Gehirn, Rückenmark und peripherischen Nerven (Brachialis), Milz am wenigsten, aber doch sicher vorhanden, in den Stammmuskeln und im Herzen Quecksilber nachweisen können (Knochen, Knochenmark und Haut wurden ebenfalls untersucht), so dass der ganze Körper, vor Allem Nervensubstanz und Drüsen, der der Quecksilberwirkung gestanden hatten.

Die Abführung von Abführmitteln in den Darm sowohl als in die Venen (A. RÖHRIG) bewirkt bei Kaninchen die Gallenabsonderung. Ebenso Wasserinjectionen in den Darmcanal oder in die Venen S. 324. Nach Einnahme von Calomel und Quecksilberchlorid zeigt sich nur eine geringe Abgabe in der Galle gesteigert (SCOTT, BENNETT u. A). Steigernd wirken auf die Gallenabsonderung Resina podophylli, Aloe, Rhabarber, Colchicum, weniger Senna, noch weniger Camomium, Taraxacum, Gummigutt (RUTHERFORD und VIGNAL).

Die Galle nachzuweisen, bestimmt man meist nur den Gallenfarbstoff (Bilirubin) qualitativ, z. B. im Harn bei Icterus (cf. Harnfarbe). Mit rauchender Salpetersäure geht durch Oxydation der Farbstoff zuerst in eine grüne (Biliverdin), dann blaue, dann rubinrothe und endlich schmutzig-gelbe Modification über. Um eine Flüssigkeit auf Gallenfarbstoff zu prüfen, bringt man davon etwa einen Zoll hoch in ein Probirröhrchen; während dieses nun stark neigt, giesst man vorsichtig, damit sich die beiden specifisch verschiedenen Flüssigkeiten möglichst wenig mischen, etwas concentrirte Salpetersäure auf den Boden des Gläschens sinkt. An der Grenze der beiden Flüssigkeiten treten dann, wenn Gallenfarbstoff vorhanden ist, die genannten Regenbogenfarben auf: Gmelin'sche Reaction. Sehr häufig bildet sich auch bei nicht gallenhaltigen Harnen ein rother Ring an der

Salze und zuletzt etwas (wenig) Zuckerlösung. Nun schüttelt man, und die rothe Farbe tritt auf das Schönste auf auch bei geringem Gehalt an Gallensäuren. SCHENK fand, dass die rothe Lösung der Gallensäuren im Spectroskop (in alkoholischer Lösung) constant einen Absorptionsstreifen bei *F* und einen anderen bei *E* zeigt, frische Galle zeigt auch einen Absorptionsstreifen zwischen *C* und *D*, welcher verschwindet, wenn man die Galle durch Thierkohle vom Farbstoff befreit hatte. Die beiden genannten Absorptionsstreifen unterscheiden die PETTENKOFER'sche Reaktion von ähnlicher Reaktion (mit Albuminaten, Oelsäure, Amylalkohol etc.).

Nach NEUKOMM bringt man die verdünnten Flüssigkeiten: je ein Tropfen Gallenlösung, verdünnte Schwefelsäure und Zuckerlösung auf einen Porzellanscherben, rührt sie zusammen mit einem Glasstab und verdunstet nun bei gelindeste Wärme (auf kleinster Flamme, mit häufigem Wegziehen, sowie die Hitze sich steigert, und Blasen auf die verdunstende Flüssigkeit) zur Trockne; es tritt dann eine Rothfärbung des Rückstandes ein, wenn Spuren von Gallensäuren vorhanden waren. Hat man nur geringe Mengen zur Verfügung, so ist diese Methode der PETTENKOFER'schen vorzuziehen. Eiweiss färbt sich unter denselben Bedingungen roth. Geringe Mengen von Gallensäuren hat man meist im Alkoholauszug der Flüssigkeiten, nachdem man diesen noch durch Aether entfettet, aufzusuchen.

Der Nachweis des Cholesterins geschieht mittelst des Mikroskops, das die charakteristischen Cholesterintafeln zeigt (cf. Abbildung S. 349). Makro- und mikrochemisch kann man es nachweisen nach der Methode von J. MOLESCHOTT. In einem Gemisch von 5 Theilen concentrirter Schwefelsäure und destillirten Wassers (man setzt die Schwefelsäure tropfenweise zum Wasser!) färben sich die Ränder der Cholesterintafeln carminroth. Krystalle werden mehr oder weniger zerstört; an der Luft geht die Farbe in 2 Stunden Violett über, nach 6 Stunden ist sie verschwunden.

Für die ärztliche Untersuchung sind die Gallensteine von besonderer Wichtigkeit, da sie nach Gallensteinkoliken im Kothe gefunden werden und allein die Diagnose feststellen. Sie haben dann dem Durchmesser der Gallengänge entsprechende Dimensionen. In der Gallenblase kommen oft sehr grosse einzelne Steine vor oder sehr viele kleine, die sich durch gegenseitiges Abreiben polyedrisch facettiren. Sie zeigen sich krystallinisch oder schalig angeordnet oder nicht krystallinisch, beidemale verhältnissmässig gefärbt (der Hauptmasse nach Cholesterin). Manche sind dagegen sehr dunkel gefärbt, schwarz, dunkelgrün, dunkelrothbraun (Bilirubinkalk). Selten bestehen Gallenkonkrete vorzugsweise aus anorganischen Salzen: phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk. Gallensäuren können ziemlich regelmässig in ihnen nachgewiesen werden. Nach v. GORTZ-BEHR verfährt man zur chemischen Analyse der Gallensteine nach folgendem Schema:

1. Die Probe, die man sich durch Abschaben einer geringen Menge des Steines verschafft, verbrennt auf dem Platinblech, über der Gas- oder Weingeistflamme erhitzt, mit leuchtender Flamme. Sie ist wenig gefärbt und besitzt deutlich krystallinisches Gefüge. Wenn sie schalig und nicht krystallisirt, ist in heissem Alkohol löslich, krystallisirt daraus beim Abkühlen in perlmutterglänzenden Blättchen, die unter dem Mikroskop (man überlässt dazu 1-2 Tropfen der alkoholischen Lösung auf dem Objectglas der freiwilligen Verdunstung) die bekannte Gestalt der Cholesterinkrystalle zeigen, Cholesterin. Man konstatirt es mittelst der MOLESCHOTT'schen Cholesterinprobe cf. oben.

2. Die Probe besitzt eine dunkle Farbe, ist bröckelig, ockerartig und verbrennt mit starkem, unangenehmem, fäulnisartigem Geruch:

a) in Alkohol und Wasser wenig löslich, löslich in Kali mit dunkelbrauner Farbe. Die GMELIN'sche Probe (cf. oben) weist Gallenfarbstoff nach.

b) in warmem Alkohol löslich. Man verdunstet die alkoholische Lösung und behandelt den Rückstand mit Wasser. Die so entstandene wässrige Lösung gibt die PETTENKOFER'sche und NEUKOMM'sche Probe (cf. oben).

Auf einen Gehalt an Gallensäuren prüft man stets auf diese Weise auch die anderen Gallensteine, indem man den Rückstand des Alkoholauszugs mit Wasser behandelt, die entstandene

g durch ein kleinstes Filter abgiesst und nun prüft. So konnte ich in allen Gallen-  
 1, die ich untersuchte, Gallensäuren in grösserer und geringerer Menge nachweisen.  
 der Nachweis der Gallenfarbstoffe versagte nach Methode a) auch bei wenig gefärbten  
 1 wohl niemals.

ine von vorwiegend erdigem Gehalt lassen bei dem Verbrennen auf dem Platinblech  
 edeutenderen Rückstand, der nach den für die Harnsteine unten angegebenen Me-  
 näher zu prüfen ist.

: Gallensteine vom Rind bestehen meist vorwiegend aus Bilirubinkalk.

### Verdauung im Dickdarm.

nter der Einwirkung der verschiedenen beschriebenen Sekrete legt der  
 mer mehr verändernde Speisebrei seinen Weg durch den Dünndarm zu-  
 nd gelangt in den Dickdarm (S. 302).

an hat in älterer Zeit das Coecum seiner Gestalt nach als einen zweiten  
 und so wie jenen als ein Centralorgan der Verdauung betrachtet. Da  
 len Inhalt des Coecums häufig sauer reagirend findet, so schien auch  
 aure Absonderungsflüssigkeit der Coecumschleimhaut die Analogie noch  
 erstützen. Es ist jetzt mit aller Sicherheit erwiesen, dass das Sekret der  
 mschleimhaut alkalisch reagirt und sich von dem Sekrete der sonstigen  
 chleimhaut nicht wesentlich unterscheidet. Die saure Reaktion im  
 minhalte hat ihre Ursache in einer sauren Gährung: Milchsäure-  
 ung (S. 270), welcher vegetabilische Stoffe an dieser Stelle wie wahr-  
 lich im ganzen Darne (BRÜCKE) unterliegen. Die Säure tritt demnach  
 ecum auch am stärksten bei rein vegetabilischer Nahrung hervor.

eim Menschen gelangen in den Dickdarm noch unverdaute Reste aller  
 ommenen Nahrungsstoffe, man findet in seinem Inhalt noch unveränderte  
 ssstoffe, Fette, Stärkemehl etc. Der abgesonderte Darmsaft, verbunden  
 r Milchsäuregährung, wird auch hier noch fort und fort auflösend wirken.  
 finden sich hier Buttersäure und Milchsäure als Zersetzungsprodukte des  
 rs. Seine Schleimhaut enthält diastatisches Ferment (Ptyalin), Spuren  
 rypsin und Pepsin (KÜHNE u. A.) cf. oben S. 302.

ie A u f s a u g u n g im Dickdarm ist eine noch sehr lebhafte, wofür auch  
 ichthum an geschlossenen Follikeln besonders im Wurmfortsatze des Coe-  
 spricht; der Wasserverlust des Speisebreies, der ihn zum Koth umwan-  
 geht hier z. Th. vor sich. Der Versuch, bei sonst behinderter Nahrungs-  
 me eine Ernährung durch Klystiere zu ermöglichen, ist vollkommen ge-  
 rigt. VOIT fand mit BAUER, dass Hühnereiweiss, mit Kochsalz gemischt in  
 kdarm eingespritzt, hier aufgenommen und für die Ernährung verwendet

Dasselbe fand EICHHORST für Milch und ihre Eiweissstoffe. Peptone,  
 saft, Leimlösung, Fleischextract, Myosin und Kochsalz gemischt verhalten  
 alog. Negative Resultate ergaben bis jetzt Versuche mit Blutfibrin, Ei-  
 offe des Blutserums, künstliches Acidalbumin und Syntonin. Zur  
 rung durch den Dickdarm würden sich also vorzüglich Milch-  
 n eignen, vielleicht am besten von condensirter Milch, um nicht zu  
 usser mit einzuführen. LEUBE setzte dem gehackten Fleisch zerhacktes  
 is zur Ernährung durch den Mastdarm zu, oder Glycerinauszug des  
 is. Die Quantität von Darmsaft, die im Dickdarm abgesondert

wird, ist normal nur sehr gering. Er stammt aus denselben Drüsen, die auch im Dünndarm den Saft liefern sahen: aus LIEBERKÜHN'schen Drüsen. A Dickdarmfisteln fliesst kein Saft aus; in abgebundenen Dickdarmschlingen sammelt sich eine schleimige Masse an. Zu den Abbindungsversuchen eignet sich der wurmförmige Anhang des Blinddarms bei Kaninchen, da bei ihm dieses Organ eine bedeutende Länge erreicht. FUNKE gewann 2—4 Stunden nach der Abbindung einen Saft, der den wurmförmigen Anhang strotzend full von trüber Beschaffenheit und alkalischer Reaktion. Die Zusammensetzung des filtrirten Saftes war: Wasser 98,59 %, feste Stoffe 1,41 %, davon Asche 0,47 %. Der Saft veränderte geronnenes Eiweiss weder innerhalb noch ausserhalb des Körpers. Der filtrirte Saft verwandelte Stärke in Zucker. Der unfiltrirte Saft, welcher noch abgestossene Cylinderzellen und Pflanzenreste aus der Nahrung enthielt, setzte den entstandenen Zucker noch weiter in Milchsäure und Laktensäure um, durch Gährung, wie sie auch im lebenden Wurmfortsatze erfolgt, wenn er mit Stärke gefüllt wurde.

### Der Koth.

Von seinem Eintritt in das Coecum an verwandelt sich der Darminhalt allmählich und nach in Koth, den wir im Rectum fertig gebildet finden. Der Inhalt des Speisebreies verliert an Wasser, die Farbe — von den veränderten Gärungs- und Farbstoffen herrührend, die hier die Salpetersäurereaktion nicht mehr geben — wird bräunlich, immer dunkler, der eigenthümliche, widerliche Kothgeruch, je nach der Nahrungsweise verschieden, tritt hervor. Die Reaktion wird sauer, die, wie oben erwähnt, durch Gährung gebildeten Säuren: Buttersäure, Essigsäure, fast immer wieder sauer, nachdem sie im Inhalte des Dünndarms durch die Zumischung der alkalischen Sekrete nach und nach von aussen nach innen fortschreitend alkalisch geworden war. Flüchtige Fettsäuren sind es vor Allem, welche den Kothgeruch erzeugen, gemischt mit den übelriechenden Produkten der Pankreasverdauung. L. BRIEGER bestimmte folgende flüchtige Bestandtheile der menschlichen Excremente: Essigsäure zu  $\frac{3}{4}$  aller fettsäurehaltigen, normale und Isobuttersäure, Valeriansäure, Capronsäure, dann Phenol, Indol und neben einem gelben stinkenden Oele eine neue Substanz: Scaevola, von dem Fäcalgeruch des Indol. Es ist dieselbe indolartige Substanz, welche W. KÜHNE durch Schmelzen von Eiweiss und Kali gewonnen hat, sowie N. N. und SECRETAN durch Fäulniss von Eiweiss. Der Koth wird gewöhnlich als der unverdauliche Nahrungsrest aufgefasst. Das Mikroskop und die Chemikalien weisen leicht nach, dass im Menschenkoth neben den unverdaulichen auch unverdaute, an sich verdauliche Stoffe vorhanden sind. Das mikroskopische Bild, welches Menschenkoth nach verschiedener gemischter Kost zeigt, ist mannigfaltig: gelbgefärbte, zerstückelte Muskelbündelchen, Bindegewebe, elastische Fasern, Käsestückchen, Stückchen von hartem Eiweiss; Pflanzenreste: Spiralfasern, Zellen mit Chlorophyll, Stärkekörnchen etc., dazwischen Nadeln von Fettsäuren, manchmal die charakteristischen Tafeln der Cholesterinkrystalle. In flüssigem Koth finden sich auch mehr oder weniger zerstörte Cylinderzellen. Schon die letzteren Elemente zeigen, dass der Koth nicht aus Nahrungsresten besteht, sondern dass ihm auch vom Darme aus noch Stoffe

gemischt werden. Ausser den abgestossenen Epithelzellen mit ihrem Inhalt haben wir in ihm auch die Ueberbleibsel der in den Darm ergossenen Verdauungssäfte, welche zwar zum Theil, aber nicht vollständig, wieder resorbirt werden. Schleim fehlt im Kothe niemals. Ausser den veränderten Gallenfarbstoffen Mercobilin, VANLAIR und MASIUS, identisch mit JAFFE's Urobilin und ULR'S aus Bilirubin künstlich dargestelltem Hydrobilirubin, das HEYNSIUS und CAMPBELL im Harn Choletelin nennen, für etwas Anderes erklärt MALY (in Choletelin gegen STOKVIS) findet sich im normalen Koth immer auch noch ein Theil der Gallensäuren theils unverändert (?), theils zersetzt vor. Die Lycopolsäure und die Taurocholsäure unterliegen der Spaltung, als deren Produkte freie Cholsäure und deren Umsetzprodukte Choloidinsäure und Dyslycogen entstehen.

**Zur Untersuchung des Koths.** a. Physiologisches Verhalten. — Die chemische Zusammensetzung des Menschenkoths ist natürlich je nach der Nahrung sehr verschieden. Nach sehr bedeutender Fleischkost fand ich ihn fast genau von der Zusammensetzung des Fleisches, das Mikroskop zeigte nur unverdaute Fleischfasern, theils wohl erhalten, theils in den verschiedensten Formen der Maceration und des Zerfalls. Wenige krystallinische Nadeln von Fettsäuren waren eingemischt.

Als Beispiel der quantitativen chemischen Zusammensetzung mag eine Analyse von BERGMANN dienen, die an Menschenkoth angestellt wurde: Wasser 75,3, feste Stoffe 24,7, gallensaure Salze 0,9, Schleim und Gallenharze 14,0, Albumin 0,9, Extraktivstoffe 0,7, Speisereste 7,0, Salze 1,2.

Der Salzgehalt des Menschenkoths fand ich sehr gleichbleibend zwischen 12,14 % der trockenen Substanz schwankend. Er besteht der Hauptmasse nach aus Natrium- und Kalksalzen, während die Kali- und Natronsalze zurücktreten.

In 100 Theilen Asche von Menschenkoth fand PORTER: Chlornatrium 4,33, Kali 6,10, Natrium 2,07, Kalk 26,46, Magnesia 10,54, Eisenoxyd 2,50, Phosphorsäure 36,03, Schwefelsäure 5,07, Kohlensäure 5,07.

Der Wassergehalt des normalen Koths beträgt etwa 75 %, er kann aber durch Zusetzung im Darm viel an Wasser verlieren, oder bei rascher Entleerung noch weit reicher sein. Täglich werden vom Menschen etwa 30 Gramm feste Stoffe im Kothe ausgeschieden. Die anorganischen Kothstoffe sind meist unlöslich in Wasser. In der Nahrung als organisch saure Salze erscheinend im Koth in kohlensaure Salze verwandelt.

Die hellgelben, hie und da grünlichen Exkremente mit Muttermilch ernährter gesunder Neugeborener enthalten viel Fett, unverdautes geronnenes Casein, unveränderte Galle. Bei solchen Kindern im Alter von 2—3 Monaten fand ihn WEGSCHEIDER von saurer Reaction, reich an Milchsäure, höheren Gliedern der flüchtigen fetten Säuren, Palmitinsäure, Stearinsäure. Die Fette gehen z. Thl. unzersetzt, z. Thl. in Seifen (Kalk und Magnesia) über.

b. Pathologisches Verhalten des Menschenkoths. — Die häufigste pathologische Veränderung des Koths besteht in der abnormen Zunahme an Wasser bei Diarrhöen. Grund dieses Wasserreichthums scheint oft nur darin zu bestehen, dass der Darminhalt zu schnell den Darm passirt, dass sich nicht genügend Zeit zur Aufsaugung seiner flüssigen Bestandtheile findet. Auf diese Weise können den Organismus enorme Flüssigkeitsmengen verlassen, da in 24 Stunden nach BIDDER und SCHMIDT 10 Liter Wasser allein aus den Verdauungssäften (Speichel, Magensaft, Galle, Bauchspeichel, Darmsaft) in den Darm ergossen werden. Eine Anzahl von Abführmitteln scheint in dieser Richtung zu wirken (BUCHHEIM, THIRY). Es wäre aber falsch, anzunehmen, dass dieses der einzige Grund der Diarrhöen sei. In vielen Fällen vermag der gelähmte (S. 302) oder der seines Epithels zum Theil beraubte Darm die



Gewebsflüssigkeit nicht zurückzuhalten, wozu nur das lebende normale Epithel im S (J. RANKE). Es findet dann eine Transsudation von Gewebsflüssigkeit Darmlumen statt mit allen chemischen Eigenschaften jener Flüssigkeit: Eiweiss, Blutserums etc. Meist erfolgt nebenbei auch noch ein rascherer Durchgang durch den Darm, wodurch dem Darmexsudat auch grössere oder geringere Mengen der unveränderten Verdauungsflüssigkeiten: Galle, Pankreassekret, beigemischt werden können. Die Galle kann man leicht nach der GMELIN'schen Probe. Das zersetzte Pankreassekret nimmt unter Einwirkung von Chlorwasser eine rosenrothe Farbe an; diese Farbe tritt öfters in eiweiss- und schleimhaltigen Darmentleerungen auf. Vermehrung der Schleimabsonderung im Dickdarm hervor. In einem solchen katarrhalischen Stuhl deckte LIEBIG: Alloxan ( $C_4H_2N_2O_4$ ), ein Zersetzungsprodukt der Harnsäure, welche die eintrocknende Masse von selbst eine rothe Färbung ertheilte. Da Alloxan in Harnstoff übergehen vermag, so erschien dieser Fund einer Zwischenstufe zwischen Harnsäure und Harnstoff im Organismus für die Theorie der Harnstoffbildung (cf. Harn) von Wichtigkeit. Bei katarrhen finden sich hier und da so massenhaft abgestossene Cylinderepithelien, der Stuhl dadurch ein milchiges Ansehen erhält (Chylorrhoea); dasselbe kann durch Beimengung von Eiter- und Schleimzellen erfolgen. Bei zerstörenden Processen im Darm finden sich Gewebsreste auch im Koth, ebenso Zellen von krankhaften Neubildungen, Blutkörperchen, geronnener Faserstoff (Blut). Bei Darmkatarrhen, Ruhr etc. wird die Darmentleerung von unzähligen niedersten Organismen: Spaltpilzen [cf. Harn] unternommen; die ersteren finden sich auch sonst in geringer Menge regelmässig vor. In allen Stühlen bei Typhus, Ruhr finden sich oft sehr reichlich die »Sargdeckel« der phosphorhaltigen Ammoniak-Magnesia-Krystalle (cf. Harn).

Die Exkremente nach Calomelgebrauch enthalten unzersetzte, durch die Gmelin'sche Probe nachweisbare Galle (Biliverdin) beinahe konstant; nach Eisengebrauch findet sich im Koth Schwefeleisen. Die Ausscheidungen nach Senna fand C. SCHMIDT eiweissartige feste Stoffe, davon 0,8% anorganische Salze.

Die Darmentleerungen bei Ruhr (Dysenterie) sind der Hauptmasse nach reichlich an Albumin, Kochsalz. Sie enthalten meist geringere oder grössere Mengen der Galle. Solche Stühle werden zweischichtig (hier und da dreischichtig), indem die festeren Partien: Blut, Eiter, Schleim, Epithelien, Krystalle, Speisereste, Körner etc. meist bräunlich gefärbt, zu Boden senken, während eine trübe (oft nur von Fäulnisstoffen getrübt) seröse Flüssigkeit oben steht. Dasselbe ist bei Typhus der Fall, der Stuhl, wie meistens, flüssig ist. Letzterer ist sehr stinkend, da die Gallenprodukte leiden (cf. oben S. 333), und stark alkalisch. Der Bodensatz besteht aus den anorganischen Substanzen, unter denen nur meist das Blut fehlt. Die Flüssigkeit enthält Albumin und Kochsalz, Chloralkalien, aber meist keine Galle. Die Typhusstühle behalten den Charakter der Faeces, der bei Ruhr mehr und mehr verschwindet.

Die Choleraentleerungen aus dem Darm sind ebenfalls Transsudate mit reichlich beigemischten Darmepithelien, die ihnen das charakteristische »reiswasserähnliche Ansehen« ertheilen. Sie enthalten wenig gelöstes Eiweiss, aber viel Kochsalz und wenig Galle. Die Gallenblase ist dann öfters auch mit reiswasserähnlicher Flüssigkeit gefüllt. Salpetersäure färben sich die Choleraentleerungen rosenroth wie die Typhusentleerungen. C. SCHMIDT fand in ihnen 1, 2—4,5% feste Stoffe, davon etwa 0,8% anorganische Salze.

Bei Icterus, durch Verhinderung des Gallenabflusses in den Darm, hat der Stuhl eine weissgraue Farbe, riecht faulig und ist ungemein fettreich; enthält bei vollkommenem Verschluss des Gallengangs keine Reste der Galle.

Bei dem Icterus der Neugeborenen, der in den ersten Lebenstagen eintritt, sind die dazu gehörigen Exkremente getrennt noch nicht näher untersucht.

c. Die Farbe des Koths ist normal bei gemischter Kost gelbbraun oder braunlich; nach Milchgenuss gelb, nach Calomel grün, da das Schwefelquecksilber in der Masse vertheilt erscheint; nach Eisenpräparaten grün oder schwarz; letzteres auch nach dem re-



on Schwarzebeeren (Heidelbeeren, *Vaccinum myrtillus*). Nach Indigogenuss sind sie schwarzblaue Partikeln fand ich im Koth nach Gebrauch von Jodpräparaten: Jodhabarber und Safran färben den Koth lichtgelb, Blut roth, rothbraun etc. Bei den ern rührt die grüne Farbe des Koths vorzüglich von Chlorophyll her.

armsteine. Im Dickdarm des Menschen wie der Pflanzenfresser finden sich Inkrustationen, entweder allein aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia bestehend in Mischung mit phosphorsaurer Magnesia. Kleie, namentlich Roggenkleie enthält Salz reichlich; bei Müllerpferden, die mit Kleie gefüttert werden, findet man nicht Darmsteine von 3—4 Kilogramm Gewicht. Im Darm von *Capra aegageus*, Bezoars des Kaukasus, sowie in dem der Antilope *dorkas*, gemeine Gazelle, finden orientalischen Bezoare, eiförmig, olivengrün, geschichtet aus Lithofellin- $\text{H}_{38}\text{O}_4$  bestehend (ERTLING und WILL), braunschwarze Bezoare bestehen aus  $\text{El-C}_{14}\text{H}_3\text{O}_8$ .

### Die Salze des Koths.

berwiegende Menge der anorganischen Bestandtheile des normalen Koths sind, wie mitgetheilte Analyse derselben lehren kann, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure. Die Salze werden aus dem Darmsaft vollkommen resorbirt. Die unlöslichen Aschen- theile der organisirten Stoffe sind mit diesen in inniger Verbindung. Fast alle Eiweiss- der Pflanzen und der Thiere liefern bei der Veraschung neben phosphorsaurem Verbindungen des Kalks und der Magnesia mit Phosphorsäure, die an sich nur in löslich sind. Ihre innige Verbindung mit den organischen Substanzen geht daraus ss sich diese zum Theil in Wasser, zum Theil in alkalischen Flüssigkeiten auflösen, Phosphate auszuschcheiden, ebenso wenig findet das statt bei der Lösung derselben in Pankreas- oder Darmsaft. Durch die Verdauung werden diese Salze von den n Stoffen getrennt, mit denen sie verbunden waren, das Resultat der Verdauung ist Bildung freier nicht mehr löslicher Salze, die sich nun z. B. als phosphorsaure -Magnesia ausscheiden können. Soweit diese aufgenommen werden, treten sie mit den verdauten Eiweissstoffen verbunden in die Säftemasse ein, so dass das ihrer Verdauung besondere Wichtigkeit erhält. Die meist saure Reaktion des Koths begünstigt eine theilweise Aufnahme derselben ebenfalls, wie die Reaktion des Darmsaftes.

ist darauf aufmerksam gemacht (KÜHNE, MEISSNER), dass die Darmverdauung in der der genannten phosphorsauren Salze von ihren organischen Stoffen eine gewisse it mit der Fäulniss zeigt, die schon im lebenden Organismus (J. RANKE) z. B. nach andiger Wundbestandtheile bei Kaninchen eine Abspaltung und krystallinische ng der phosphorsauren Salze (phosphorsauren Ammoniakmagnesia) von den n in den Geweben hervorbringt (cf. HAUT). Nach einer Bemerkung MEISSNER's schmelzenden Eiweisssubstanzen auch zunächst in den Peptonen sehr ähnliche Modi- hergeführt werden. So kommt wie die Lehre von der einfachen Gährung (cf. uung), so auch die alte Lehre von der »Fäulung« der Nährstoffe bei der Ver- S. 294) wieder einigermaßen zur Geltung. Für eine solche sprechen vornehm- e Darmgase.

### Die Gase des Darms.

inzen Verdauungscanale finden sich Gase vor. Es unterliegt keinem ass sie zum Theil aus der Luft stammen, die mit dem schäumenden n den Magen herabgeschluckt wird, und so z. Th. in den Darm ge-

Der verschluckte Sauerstoff wird dort zu chemischen Aktionen verwendet oder von den Blutkapillaren aufgesaugt, so dass in geringem Maasse eine Magathmung auch bei dem Menschen und den höheren Thieren vorkommt, wie in grösserem Maassstabe bei manchen Thieren, z. B. bei dem Schlammpeitzger *Cobitis fossilis*, nachgewiesen ist. Für 1 Volumen aufgenommenen Sauerstoff finden sich im Magen 2 Volumen Kohlensäure. In den Gasen der Gedärme fehlt der Sauerstoff gänzlich oder er ist im Dünndarm höchstens in Spuren vorhanden. Die Magengase (Kohlensäure und Stickstoff) mischen sich dem Darminhalt bei, der zunächst in Folge von Buttersäuregährung noch Kohlensäure und Wasserstoff, etwa in gleichem Volumen, zumischt. In dem Dickdarm des Menschen findet man ausser den drei genannten Gasen noch Gruben- oder Sumpfgas, d. i. den leichten Kohlenwasserstoff  $\text{CH}_4$  und zuweilen Schwefelwasserstoff. Bei Hunden soll der Kohlenwasserstoff, bei Pflanzenfressern der Schwefelwasserstoff fehlen, bei diesen will man Kohlenoxyd (?) nachgewiesen haben. Der Schwefelwasserstoff tritt nur nach dem Genuss von Fleisch auf, so dass er aus der Zersetzung der Albuminate im Darm zu stammen scheint. Es rührt, wie das Auftreten des Wasserstoffes, so auch das des Kohlenwasserstoffes von im Darm regelmässig, aber in schwankendem Grade eintretenden Gährungsvorgängen resp. Fäulnissvorgängen (HOPPE-SEYLER) her. Diese Gase werden auch in der Athemluft gefunden und entstammen dort vollständig allein der ebengenannten Quelle, ohne dass man sie in directen Zusammenhang mit dem Respirationsprocess bringen dürfte (cf. Athmung).

PLANER fand die Darmgase je nach der Nahrung verschieden: bei Hülsenfrucht- fütterung fand sich im Hundedarm sehr viel Wasserstoff, der bei Fleischnahrung fast ganz

Dünndarmgase vom Hunde:	
	nach 4tägiger Fleischfütterung
$\text{CO}_2$	84,12 Vol. %
H	2,40
N	13,32
O	—
	nach 4tägiger Hülsenfruchtfütterung
$\text{CO}_2$	65,13 Vol. %
H	28,97 -
N	5,90 -
O	—

Die Dickdarmgase vom Menschen, die RUGE mit einem besonderen Saugapparat aus dem Anus gesammelt hatte, zeigten folgende Zusammensetzung:

	Nach ge- mischter Kost:	Nach Milchdiät:	Nach 4tägigem Genuss von Leguminosen:	Nach reiner Fleischkost:
$\text{CO}_2$	40,51	9,06	21,05	8,45
N	17,50	36,71	48,96	64,41
$\text{CH}_4$	19,77	0	55,94	26,45
H	22,22	54,53	4,03	0,69
$\text{H}_2\text{S}$	Spur	—	—	Spur

Menschliche Faeces, der freiwilligen Zersetzung, Fäulniss an der Luft überlassen, fahren fort Kohlensäure, Wasserstoff, Sumpfgas und Spuren von Schwefelwasserstoff zu entwickeln.

G. HÜPFNER untersuchte mit Ausschluss der Wirkung der bekannten Fäulnissorganismen (Bakterien) die Gasentwicklung, welche bei künstlicher Pankreasverdauung auftritt. Das Gas bestand bei Verdauung von Fibrin lediglich aus Stickstoff und Kohlensäure. Es ist bemerkenswerth, dass diese Abscheidung von  $\text{CO}_2$  sich lediglich als eine



Man kann Dieses mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure oder mit Wasser löslichen, sauer reagirenden Metallsalzen erreichen, am billigsten mit Vitriol. Manganchlorür, schwefelsaures und Chlorzink leisten dasselbe. Ausser den Salzen kann auch die als Destillationsprodukt der Kohle erhaltene rohe Karbolsäure Reaktion frischer Exkremente erhalten, zur Ansäuerung alkalischer kann sie nicht dienen. Die präservirende Kraft der Metallsalze kann durch einen äusserst grossen Zusatz von Karbolsäure sehr erhöht werden. Als gasförmiges Desinfektionsmittel die besten schwefelige Säure, durch reichliche Schwefelverbrennung erzeugt, welcher nach seinen Experimenten von der Wirkung des Eisenvitriols, Chlorwassers, Chlorkalks sowie des Kaliumpermanganats keine grossen Leistungen sah, beobachtete in einer Lösung, welche 1—1,5 % Karbolsäure enthält, keine, auch nicht die niederen Organismen, leben können.

25 Gramm Eisenvitriol reichen durchschnittlich für eine Person täglich hin, die Exkremente sauer zu erhalten. 3—4 Gramm reiner Karbolsäure auf 100<sup>cc</sup> Wasser leisten bei sauren Exkrementen dasselbe. Zur Desinfection von Abtritten hat man zur Reinigung der Grube die Exkremente mit einer genügenden Menge (10—20 Pfund) von in Wasser gelöstem Eisenvitriol unter gutem Umrühren anzusäuern, mit Lakmuspapier prüfen! Nach einigen Tagen muss die Prüfung mehrfach wiederholt werden und wenn wieder alkalischer Inhalt neuerdings mit Eisenvitriollösung unter Umrühren angesäuert werden. Eine entsprechende Menge roher Karbolsäure wird ebenfalls in die Grube gegeben. Abtrittsitze werden mit Eisenvitriollösung und Karbolsäure gut gewaschen und die Sitze mit den Lösungen möglichst allseitig gespült und gereinigt; hölzerne Schläuche lassen eine vollkommene Desinfection nicht zu. Eisenvitriol ungelöst in die Gruben gebracht, wirkt nicht allseitig.

SÜVERN hat angegeben, die Kloakenflüssigkeiten mit einer Flüssigkeit („Süvern'sche Masse“) zu desinficiren, welche 240 Theile Wasser, 400 Theile Kalk und variablen Theile Theer enthält oder nach HAUSMANN 40 Theile Chlormagnesium und 6 Theile Theer enthält. Es wirkt die Karbolsäure, der Kalk reiss durch einen voluminösen Niederschlag, den er die Organismen der Flüssigkeit nieder, die in ihm bewegungslos werden. Das Chlormagnesium bindet das Ammoniak. HAUSMANN untersuchte unter VIRCHOW'S Leitung Berliner Kloakenwasser (Canalwasser). Er beschreibt dasselbe als eine trübe grünlich graue Flüssigkeit mit sehr üblem Geruch und einem dunklen Bodensatz von humificirten Pflanzenresten, Sand und zufälligen Verunreinigungen und sehr verschiedenartigen Infusorien, Algen, Pilzen, Nisspilzen, Leptothrix, Schizomyceten, Spaltpilzen in grosser Zahl. Nach der Desinfection der SÜVERN'schen Masse war das Wasser klar, farblos, roch nach Theer und reagirte sauer und war frei von niederen Organismen. An der Luft bildete es ein Häutchen von saurem Kalk, das allmählig zu Boden sank und dabei die von der Luft zugeführten Pflanzpilzkeime niederzog, so dass Gährung und Pilzbildung 8—10 Tage verhindert wurde. Gegenwart von Theer verhütet die Bildung niederer Organismen länger als Kalk, tödtet wie die Karbolsäure, grössere Infusorien erst nach einigen Tagen, die Pilze, Bakterien bewegen sich dann noch. Das scheint zu beweisen, dass Karbolsäure allein nicht ausreicht, getödtet werden sollte.

Zur Reinigung beschmutzter Wäsche, Fussböden etc. dient am besten Eisenvitriol oder Chlorzink, die keine Flecken hinterlassen. Dass die Desinfection wirksam ginnen hat, wenn man sich volle Wirkung von ihr versprechen will, ehe die Vergiftung Einwohner eines Hauses oder einer Stadt schon stattgefunden, ist selbstverständlich. Reinigung der beschmutzten Kleidungsstücke etc., indem man sie in einem eisernen Cylinder aufhängt und erhitzt, dadurch, dass man in den äusseren Mantel des Cylinders Dampf von etwa 110° C. einleitet (C. Esse), hat sich für Tödtung von Ungeziefer in Kleidungsstücken neu aufgenommener Kranker bewährt, bei Cholera muss es durch reichlichen Schwefelung unterstützt werden. Bei sporadischem Auftreten (Einschleppen) als bei Cholera ist das Verbrennen der verunreinigten Gegenstände als das Sicherste anzusehen.

in u s e r hat man in Russland niedergebrannt. Z i m m e r und andere Räume, in welchen Steckungsstoffe vermuthen muss, werden zuerst durch Verbrennen reichlicher Schwefel ausge schwefelt, dann werden die Wände mit A e t z k a l k resp. frisch gelöschten neu geweisst. Aetzkalk ist ein vortreffliches Mittel zur Zerstörung vieler organischer organischer Gifte, welches vielfach anwendbar ist.

h a t versucht, die Salpetersäure als Maass zu benützen für die stattgefundenen unreinigung des Wassers, z. B. Trinkwassers, Flusswassers durch organische Abfallstoffe. Verhältnissmässig rasch werden nämlich bei der grossen Vertheilung im Wasser die organischen Theile durch Oxydation zerstört, der Stickstoff in Salpetersäure umgewandelt. Beimischungen von grösseren Mengen Salpetersäure deuten also meist darauf an, dass das betreffende Wasser unrein war und also noch immer verdächtig ist.

---

## **Neuntes Capitel.**

# **Die Mechanik der Verdauung; Chylus und Lymph**

---

### **1.**

#### **Bewegung der Nahrungsstoffe im Nahrungsschlauch.**

##### **Allgemeine Uebersicht.**

An die chemischen Veränderungen der Nahrungsstoffe durch die Verdauung schliessen sich eine Reihe mechanischer, activer Vorgänge an, theils zu bestimmt, die chemischen Aktionen zu ermöglichen und zu unterstützen, theils der Erfüllung des eigentlichen Zweckes aller Verdauung vorzustehen, die Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Säftemasse des Organismus zu zuführen.

Die Nahrung wird von dem Organismus durch willkürliche Acte eingenommen in der Mundhöhle von den Zähnen verkleinert und, überzogen und gemischt mit Speichel und Mundschleim, durch den eigens dazu vorhandenen Muscularapparat in den Magen hinabgeschluckt. Die unwillkürlichen Bewegungen des verdauenden Magens lassen abwechselungsweise verschiedene Partien der eingenommenen Nahrung an den Mündungen der Magensaft absondernden Drüsen hingeleiten und befördern so die Drüsenabsonderung durch directe Reizung und die innige gleichmässige Mischung mit diesem wichtigen Sekrete. Wenn der Magen eingetreten ist, wenn die Zeit gegeben war für energisch verdauende Bewegungen, wenn aus der Nahrung der Speisebrei geworden ist, öffnet sich der Muskelverschluss des Pfortners und in rhythmischen Stössen wird der Speisebrei dem Zwölffingerdarm übergeben, aus dem er gemischt und verdünnt mit den dort zufließenden Säften des Pankreas und der Leber durch wurmförmige Contractionen langsam den langen Windungsweg des Darmes hinabgepumpt wird. Auf der ganzen bisher genannten Strecke finden sich die Bedingungen um den Nahrungsstoffen den Eintritt in die Blut- und Lymph- resp. Chylusgefässe zu gestatten. Ein Schliessapparat regulirt am Ende des Darmes den Austritt der unverdauten Stoffe und entlässt diese endlich willkürlich.

##### **Mechanik der Mundverdauung.**

Die Aufnahme der Nahrungsstoffe erfolgt durch das Oeffnen des Mundes, wozu der Unterkiefer herabsinkt. Flüssigkeiten werden meist ein-



Flüssigkeit selbst, und erweitern den Brustraum bei vollkommenem Verschluss aller Zugänge zur Mundhöhle. Durch die dadurch entstehende Luftverdünnung in der Mundhöhle wird die Flüssigkeit ebenso angesaugt wie bei Personen die Wangen beim Trinken einsinken.

Verkleinerung der festen Speisen wird durch die Kiefer bewirkt, deren Zähne in verschiedener Weise zusammengedrückt und schleifend aneinanderbewegt werden können. Zwischen diese Schneide- und Quetschapparate werden die Speisen durch die Muskulatur der Lippen, Wangen und Zunge herbeigeholt, gehalten und wieder daraus entfernt, um nach inniger Mischung der Nahrung zum Bissen geformt zu werden.

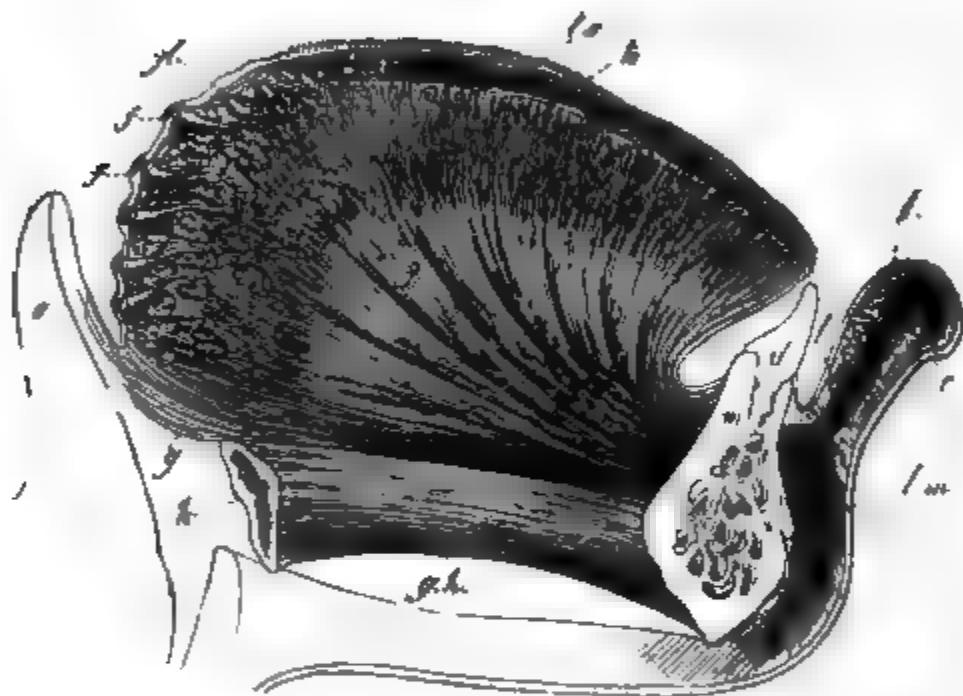
**Zunge** (über deren Schleimhaut bei dem Geschmackssinn gehandelt wird) ist von den erwähnten Organen zweifelsohne das wichtigste, da ihre Bewegbarkeit, ermöglicht durch ein wunderbar gewebtes Netzwerk gestreifter Muskelfasern nicht nur diese vergleichsweise thierische Function, sondern auch die höchste der menschlichen Thätigkeiten beruht: die Sprache. Ein Theil der Muskelfasern verläuft schliesslich in der Zunge, in welcher das dünne, die Zunge in zwei Hälften spaltende Fasergewebe der Zungenscheidewand — Septum — Ansatzpunkte für sie schafft; auch an die Schleimhaut der Zunge sind zahlreiche Muskelfasern mit mikroskopischen Sehnen an. Die grössten Fasern entspringt aber als anfänglich noch mit dem Messer leichter zu trennende Muskelindividuen von Unterkiefer, Zungenbein und Schläfenbein, an der Zungenspitze sind sie so innig mit einander verwebt, dass sie nicht mehr unterschieden werden können. Im Allgemeinen zeigt die Zunge nur drei Verlaufsrichtungen: der Länge nach, quer und senkrecht. Den Kern der Zungenmuskulatur bilden nach KÖLLIKER vor Allen die Längsmuskeln: Genioglossi, und der quere Zungenmuskel: Transversarius. Zu beiden Seiten des Septum linguae verläuft in fächerförmiger Anordnung der Genioglossus die Mitte des Organes von der Spitze bis zur

an der Schleimhaut zu enden, die übrigen Fasern inseriren sich an den eilichen Zungenseitenrand.

Die beiden genannten Muskeln werden von dem Hyoglossus, dem Loglossus, dem Longitudinalis inferior und superior gleich eingehüllt. Der Hyoglossus abmt in seinem Verlaufe an den Seitentheile Zunge den Genioglossus nach. Auch seine Muskelmasse spaltet sich a Unterfläche des Zungenrandes in querstehende Blätter, die sich aufwärt gend zwischen diejenigen Blätter des Transversus einschieben, welche Genioglossus nicht eingenommen werden. Das eine Bündel des Stylogl verläuft am Zungenrande nach unten und einwärts zur Schleimhaut der Zu spitze; das zweite Bündel desselben Muskels schiebt sich zwischen den an

Fig. 76.

Fig. 75.



Längsschnitt der Zunge des Menschen in natürlicher Grösse, die Umrisse nach ANROLD Icon. org. sens.: g. & Geniohyoideus, & Zungenbein, g Genioglossus, g' Glossoepiglotticus, tr Transversus linguae, l. s Longitudinalis superior, e Epiglottis, m Maxilla inferior, d Schneidezahn, o Orbicularis oris, l. m Levator menti, i Glandulae labiales, f Folliculi linguales, pl Glandulae linguales cum ductibus.



Ein verästeltes Primitiv von 0,018" aus der Z. des Frosches, 350mal vergr.

Zungenmuskeln durch und endet an der Scheidewand. Zwischen Genioglossus und Hyoglossus an der Unterfläche der Zunge verläuft das Längsbündel Longitudinalis inferior. Zwischen den obersten Transversus-Fasern um Schleimhaut findet sich noch eine Längsfaserschicht, welche die ganze Länge und Breite der Zunge einnimmt und von KÖLLIKER als Longitudinalis superior bezeichnet wird. Derselbe Forscher fand in der Zungenspitze noch selbstsenkrecht stehende Fasern.

Diese complicirte Verlaufsrichtung der Zungenmuskeln wird durch Entdeckung, dass sich die einzelnen Muskelprimitivbündel an ihren Enden fältig theilen, noch verwickelter gemacht. In der Zunge des Frosches sind Verzweigungen leicht aufzufinden (Fig. 76). Feinste Ausläufer der Primitivbündel verlaufen hier in den grossen Geschmackswärzchen bis zur Spitze (WALLER, AXEL KEY, BILLROTH).

Aus der Darstellung (nach KÖLLIKER) ergibt sich: Die senkrechten Fasern stammen vom Genioglossus in der Mitte jeder Zungenhälfte, an den Enden von den Longitudinales und dem Hyoglossus, an der Zungenspitze kommen noch die selbständigen senkrechten Fasern des Perpendicularis hinzu. Die genannten Fasern spalten sich alle in senkrecht stehende Blätter, in deren Zwischenräume schieben sich die querlaufenden Fasern vom Transversus und Styloglossus ein. Meist unmittelbar unter der Schleimhaut liegen die Längsfasern vom Longitudinalis superior, L. inferior und dem Styloglossus stammend. In gewissem Sinne müssen auch die Ursprungsfasern des Genioglossus, ehe sie sich senkrecht umbiegen, hinzu gerechnet werden.

Ehe wir die Betheiligung der Zunge an den Schluckbewegungen näher betrachten, müssen wir die Formveränderungen der Zunge und ihre möglichen Bewegungen vorerst im Allgemeinen etwas zergliedern, ganz abgesehen zu welchem Zwecke diese Bewegungen dienen, ob zum Kosten, Nuckeln, Schlucken, Kauen, Sprechen etc. Da die Zunge mit dem Unterkiefer und dem Zungenbein durch ihre Muskeln verbunden ist, so muss sie sich allen Bewegungen dieser Knochen folgen.

Durch die Zusammenziehung der senkrechten Fasern wird die Zunge breit und platt; die Contraction der Quersfasern wird bei erschlafften Längsfasern die Zunge verlängern, bei gleichzeitiger Thätigkeit der Längs- und Quersfasern wird aus der Zunge ein fester, rundlicher, dicker Zapfen; Verengung wird erzeugt durch die contrahirten Gesamt-Längsfasern.

Die mannigfaltige Anordnung der Zungenmuskeln, ihre Sonderung in einzelne Muskelindividuen, von denen im Allgemeinen ein gleicher Zweck erreicht werden kann, die aber je eine gesonderte Contraction zulassen, macht es annehmlich, wie vielfältig wechselnd die Formgestaltung und Bewegung der Zunge sein könne. Bei einmal angenommener Gestalt kann die Zungenspitze in allen Richtungen in der Mundhöhle bewegt werden, wozu nur eine geringe Contraction ihrer äusseren Längsfasern erforderlich ist. Durch alleinige Zusammenziehung der innersten senkrechten Fasern wird der Zungenrücken wie ein Löffel ausgehöhlt; der Zungenrücken wird gewölbt durch die Contraction der untersten Quersfaserschichten. Aus den Ansatzverhältnissen wird verständlich, dass die ganze Zunge durch den Hyoglossus nach hinten und unten, durch den Styloglossus und Glossopalatinus nach oben gezogen werden kann. Durch die hintersten Fasern des Genioglossus kann sie etwas nach vorne gezogen werden, wie aus der Abbildung des Faserverlaufes direct hervorgeht.

Die Muskelfasern erhalten ihre Bewegungsantriebe vom N. Hypoglossus, dessen normaler Erregbarkeit und Erziehung die Fähigkeit zu den mannigfaltigen Bewegungen basirt, wie sie vor Allem bei dem Sprechen von der Zunge verlangt werden.

Bei dem Kauen der Speisen werden von der Zunge und der übrigen Mundhöhlenmuskulatur, vorzüglich dem Buccinator, verhältnissmässig einige Dienste verlangt, indem sie den Mundhöhleninhalt nur in der Mundhöhle hin- und her zu bewegen, mit Speichel zu mischen — einspeicheln — und zwischen die Zähne zu bringen haben. Beim Kauen sind vor Allem die Kiefer thätig. Durch Anpressen des Unterkiefers senkrecht gegen den Oberkiefer können

festere Stoffe zwischen den messerförmigen Schneidezahnreihen und den spitzen Eckzähnen förmlich zerschnitten und zersprengt werden; zerquetscht und zermalmt werden sie zwischen den flachen, höckerigen Kronen der zusammengedrückten oder an einander schleifenden Backenzähne.

Schon in der Mundhöhle beginnt die Resorption der gelösten Stoffe. Innerhalb 2—4 Minuten werden nach A. KARMEL's Beobachtungen 2—20% von Weinsäure, kohlensaurem Natron, salpetersaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia, Traubenzucker von der Mundschleimhaut aufgenommen.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Mundhöhle ist nicht von Anfang an in Verbindung mit der Darmhöhle, sie entsteht als eine buchtförmige Einstülpung des oberen Keimblattes, des Hautsinnesblattes, die erst später in den Darmcanal durchbricht. Der Vorgang ist darum von noch grösserer Bedeutung, weil er lehrt, dass eine Einstülpung des Hautsinnesblattes auch bei der Bildung der Mundhöhle mit dem Geschmacksorgan eine Hauptrolle spielt, wie bei der Bildung der drei höheren Sinnesorgane (cf. diese). REMAK beobachtete am Hühnerembryo am dritten Brüttag die »Mundbucht« zuerst als eine Grube im Bereiche des ersten Kiemenbogens unterhalb des vordersten das Vorderhirn umschliessenden Schädeldes, die durch selbständige Wucherung des Hautsinnesblattes und durch Vortreten der Ober- und Unterkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens sich erweitert und sich nach aussen durch eine quere Mundspalte öffnet. Nach hinten verschliesst sie eine dünnere Scheidewand, einerseits vom Hautsinnesblatt, andererseits vom Darmdrüsenblatt bekleidet; die mittlere Lage wird von der Darmfaserschicht des Vorderdarms gebildet. Schon am vierten Brüttag entsteht in dieser Scheidewand eine Spalte, »Rachenspalte«, welche die Mundbucht mit dem Vorderdarm verbindet, bald verschwinden die Reste der Scheidewand gänzlich und die beiden Höhlen communiciren durch eine weite Oeffnung. Zur Bildung der Mundschleimhaut vereinigt sich mit dem Hautsinnesblatt bald eine oberflächliche Lage des mittleren Keimblattes (KÖLLIKER). Die erste Anlage der Zunge zeigt sich bei dem Menschen in der sechsten Woche. Sie erscheint als kleiner Wulst in der Mittellinie der inneren Fläche des ersten Kiemenbogens und zwar aus einem nach innen von diesem gelegenen Bildungsmaterial, das später vollständig zum Genioglossus wird. Der Zungenwulst wächst in die Länge und Breite und erhält bald die Gestalt der Zunge an; schon im dritten Monat entwickeln sich die Zungenpapillen und zwar zuerst die Circumvallatae und Conicae (REICHERT, KÖLLIKER). KOLLMANN entdeckte bei einem menschlichen Embryo vom Ende der fünften Woche eine bilaterale Anlage der Zunge in Form zweier Wülste zwischen den Unterkieferfortsätzen. Daraus erklären sich die Beispiele angeborener Zungenspaltung im Zusammenhalt mit dem Auftreten gespaltenen Zungen bei Eidechsen und Schlangen. Vor Ende des zweiten Monats wuchern die Oberkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens in horizontaler Richtung nach innen als Gaumenpapillen, die zuerst eine Spalte, »Gaumenspalte«, zwischen sich lassen, sich bald aber zu einem harten Gaumen vereinigen (von der achten Woche an). In der neunten Woche ist der harte Gaumen vollkommen geschlossen, der weiche noch gespalten. In der zweiten Hälfte des dritten Monats ist das Velum gebildet. Wolfsrachen, Hasenscharten, Lippenpalten sind als Stehenbleiben auf embryonalen Bildungsstufen zu erklären. Durch die Ausbildung des Gaumens trennt sich die anfänglich einfache, primitive Mundhöhle in einen respiratorischen Abschnitt und die eigentliche Mundhöhle.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Bei den Amphibien und Fischen bleibt die primitive Mundhöhle. Bei den Reptilien beginnt der Scheidungsprocess der Mundhöhle durch die Entwicklung des Gaumens in zwei Etagen, von denen die eine durch Ausbildung der Nasenscheidewand noch weiter in zwei seitliche Höhlen, Nasenhöhlen, getrennt werden kann. Bei den Schlangen und Eidechsen schreitet dieser Scheidungsprocess weniger weit vor als bei den Schildkröten und Krokodilen. Bei den Säugethieren ist die Trennung am vollkommensten, so dass nur noch im Pharynx Mund und Nasenhöhle communiciren. Die Mundhöhle wird bei Säugethieren noch weiter durch den muskulösen Apparat des Gaumensegels abgegrenzt.

dicke Verlängerung, Uvula, findet sich nur bei Menschen und Affen. Die Zunge der Fische meist nur einen durch den Schleimbautüberzug des Zungenbeins gebildeten Wulst; oft ist sie mit Zähnen besetzt. Bei den Amphibien tritt eine selbständigenmuskulatur auf, die Zunge erscheint als ein dickes oft vorstreckbares Gebilde. Reptilien (Eidechsen und Schlangen) wird die an der Spitze gespaltene, vorstreckbare mit einer Scheide umgeben, das Epithel der Zunge ist bei letzteren meist verhornt an der oberen Fläche Schuppen und Höcker. Bei Schildkröten und Krokodillen ungebreitet und flach. Unter den Vögeln bildet bei den Papageien die Zunge ein fleischiges Organ, bei anderen ist das vordere Ende meist mit verhornten Epithel bedeckt, bei den Spechten mit seitlichen Widerhaken, bei den Tucanen mit feinen besetzt. Bei den Säugethieren ist je nach der Nahrung die Zunge mannigfaltig entworfen, sie ist muskulös, vorstreckbar. Die Zunge kann bei der Nahrungsaufnahme sehr verschiedene Verrichtungen übernehmen. Bei Echidna ist die Zunge lang und schmal, bei Phaga wurmförmig, bei Nagern und Wiederkäuern ist der hintere Abschnitt beträchtlicher als der vordere. Unter den Papillen sind die *Papillae circumvallatae* die wichtigsten, die stets den Rücken der Zungenbasis einnehmen, bei *Halmaturus* findet sich bei Edentaten zwei (GEGENBAUR).

### Die Zähne.

Man unterscheidet an jedem Zahne drei verschiedene Theile, die frei über dem fleisch hervorstehende Krone, den vom Zahnfleisch bedeckten Hals und die in den Kiefer (Alveole) eingekleidete Wurzel. Im Innern findet sich eine Höhlung, welche in den Wurzelenden ausmündet. Diese Höhlung in der festen Zahnhöhle wird durch nerven- und gefäßreiches Gewebe, die Pulpa, erfüllt: durch feine Canälchen, welche den Zahn durchziehen und in die Zahnhöhle münden, geschieht die Ernährung. Der Zahn wird von dreierlei verschiedenen Geweben zusammengesetzt. Die Wurzel wird vom Knochen überzogen, der den Bau der Knochensubstanz bildet. Die Krone überkleidet der Schmelz; das Zahngewebe, welches an unverletzten Menschen nirgends offen zu Tage tritt, wird als Zahnhorn oder Elfenbein bezeichnet (Fig. 77).

Die durch das Zahnbein durchziehenden feinen Canälchen (0,0015 mm breit) laufen parallel neben einander senkrecht auf die Begrenzungsfläche der Zahnhöhle, sie zeigen auf einem Querschnitt fast überall eine ringförmige Anordnung. Die Zahncanälchen bilden eine besondere Wand. Die einzelnen Canälchen verlaufen und verbinden sich, ohne im Allgemeinen ihre Richtung zu ändern, mannigfaltig. Die Grundsubstanz zwischen den Canälchen ist homogen. Im Allgemeinen lässt sich das Zahnbein als modificirte Knochensubstanz betrachten (Fig. 78). Die Pulpa dentis, Zahnpulpa, besteht aus einer Art von Bindegewebe mit vielen runden oder ovalen kernhaltigen Zellen. Die Zwischensubstanz ist faserig. Das eintretende arterielle Stämmchen spaltet sich mehrfach,

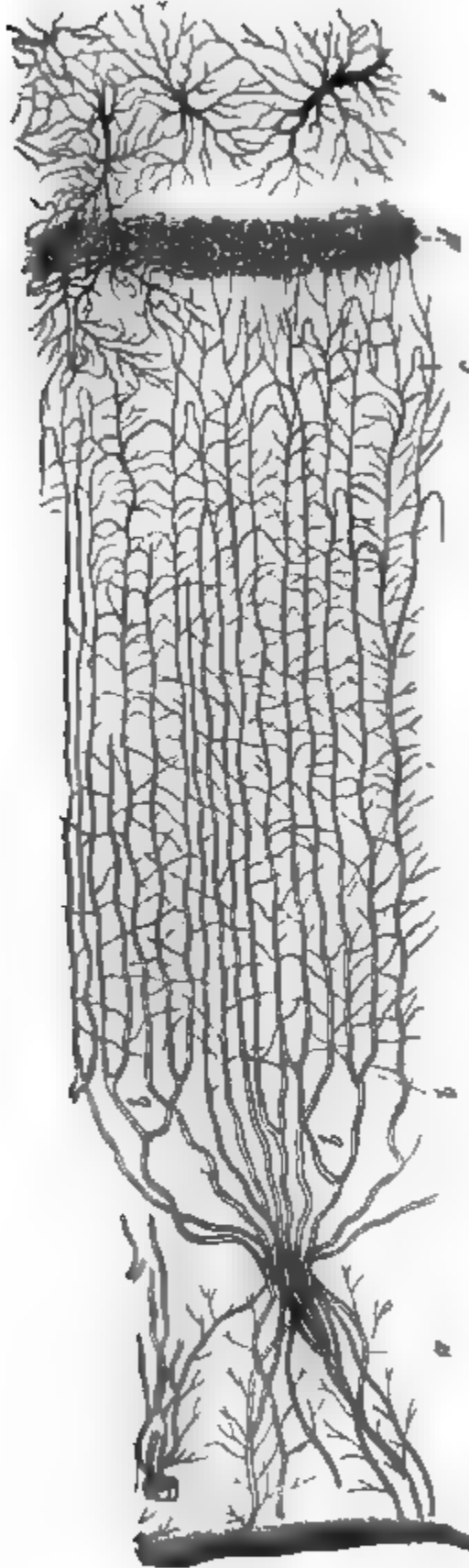
Fig. 77.



Ein menschl. Schneidezahn mit der Zahnhöhle in der Axe, umgeben von dem Zahnbeine, welches im unteren Theile vom Cement, im oberen vom Schmelz bedeckt wird.

um erst im Zahnkeime in Kapillaren zu zerfallen. Die Aussenfläche des Keimes besetzen cylindrische Zellen mit länglichem Kerne, welche feine,

Fig. 78.



Zahncanälchen der Wurzel, 350mal vergr.  
 a Innere Oberfläche des Zahnbeines mit  
 spärlichen Röhren. b Theilungen derselben.  
 c Endigungen mit Schlingen.  
 d körnige Schicht, bestehend aus kleinen  
 Zahnbeinkugeln an der Grenze des  
 Zahnbeines, e Knochenhöhlen, eine mit  
 Zahncanälchen sich verbindend. Vom

**Fig. 78.**

Fig. 79.



Dentin- oder Elfenbeinzellen nach LAMM. Bei a und  
 b fadenförmige, zu Zahnröhren sich gestaltende Ausli-  
 getheile, c eine spindelförmige Zelle; d eine geb.

Fortsätze in die Zahncanälchen aus-  
 welche letztere ganz ausfüllen, Denti-  
 len (Fig. 79). Der Cement beginnt  
 Grenze der Schmelzschicht mit  
 Lage und erreicht an der Wurzel seine  
 Dicke. Es finden sich in ihm ästig ver-  
 Knochenzellen, welche sich theils un-  
 ander, theils mit einzelnen Zahncanäl-  
 binden. Der Schmelz oder Email  
 aus langen dicht an einander gefügten  
 sechsseitigen Fasern oder Säulen,  
 Schmelzprismen oder Schmelzsä-  
 0,003—0,0004 mm breit, welche die  
 des Schmelzes so durchsetzen, dass be-  
 brauch der Zähne der Druck in ihrer Ri-  
 ausgeübt wird. Die Schmelzprismen s-  
 tisch doppelbrechend, in der Richtun-  
 Längsaxe isotrop, sie stimmen nach  
 SKYLER in Härte, Krystallgestalt (?) u.  
 tischem Verhalten mit dem Apatit u.



verschliffen stellen die durchschnittenen Fasern ein zierliches schachbrett-  
s Felderwerk aus vier- oder sechseckigen Felderchen dar. Der Schmelz  
noch von einem sehr harten homogenen Häutchen überzogen und ge-  
st, dem Schmelzoberhäutchen (KÖLLIKER). Höhlungen für Ernäh-  
rungsflüssigkeiten bilden im Schmelz unregelmässige Spalten, in welche sich  
ne Zahnröhrchen einzusenken scheinen.

In chemischer Beziehung ist das Zahnbein mit der Knochen-  
substanz identisch. Zahnbein und Cement enthalten dieselben Mineral-  
bestandtheile wie die Knochen, eingelagert in eine organische leimgebende  
Masse. Die Scheide der Zahnröhrchen löst sich weit schwerer als die  
e Zahnschmelzsubstanz. Das Zahngewebe ist etwas wasserärmer als das Knochen-  
gewebe. Der Zahnschmelz ist das an anorganischen Stoffen reichste Gewebe  
des tierischen und menschlichen Körpers und zugleich die härteste normale  
Substanz im Körper des Menschen und der höheren Thiere. Die organische  
Substanz liefert keinen Leim (HOPPE-SEYLER), sondern gibt die Reaktionen  
des Bindegewebes. Die organische Substanz des Schmelzoberhäutchens schliesst  
sich durch grosses Widerstandsvermögen gegen Säuren und Alkalien an das  
mineralische Gewebe an (KÖLLIKER). Im Schmelz ist etwa 1 % Fluor in Verbin-  
dung mit Calcium als Fluorcalcium enthalten. Der Wassergehalt des Zahn-  
schmelzes beträgt bis zu 40 %. In Beziehung auf das chemische Verhalten muss  
allgemein auf das bei den Knochen zu Sagende verwiesen werden. Eine  
quantitative Analyse (VON BIBRA) eines Backenzahnes eines Erwachsenen ergab  
auf 10 Theilen trocken folgende Zusammensetzung:

	Schmelz:	Zahnbein:
anorganische Substanz . . . . .	96,44	74,99
organische Substanz . . . . .	3,59	28,04
<hr/>		
organische Grundlage . . . . .	3,59	27,64
Fett . . . . .	0,30	0,40
phosphorsaurer Kalk und Fluorcalcium	89,63	66,72
kohlensaurer Kalk . . . . .	4,37	3,36
kohlensaure Bittererde . . . . .	1,84	1,08
lösliche Salze . . . . .	0,88	0,88

2. ARBY fand (ohne Rücksicht auf Fluor) bei wasserfreien Rinderzähnen:

	Zahnbein:	Schmelz:
anorganische Substanz . . . . .	72,80	96,40
organische Substanz . . . . .	27,70	3,60
<hr/>		
PO <sub>4</sub> . . . . .	40,47	55,15
CO <sub>3</sub> . . . . .	0,97	3,32
Ca . . . . .	28,74	37,28
Mg . . . . .	0,15	0,21

ferner noch Spuren von Eisen, Schwefelsäure und Calcium. HOPPE-SEYLER  
leitet daraus folgende Formeln für die Hauptmasse von:

	Zahnbein:	Schmelz:
Ca <sub>10</sub> CO <sub>3</sub> 6(PO <sub>4</sub> ) . . . . .	72,06	96,05
MgHPO <sub>3</sub> . . . . .	0,75	1,05
organische Substanz . . . . .	27,70	3,60

In beiden bildet sonach Calciumphosphatcarbonat die Hauptmasse  
des anorganischen Bestandtheils neben geringen Mengen Magnesiumphosphat.

In der Zahnpulpa scheint sich Mucin zu finden, da sich ihr Gewebe durch Essigsäure nicht aufhellen lässt (FREY).

Die Lymphgefäße der Zahnpulpe sind noch nicht dargestellt.

Die Nerven sind sehr entwickelt. In jede Wurzelöffnung dringt ein dickerer Zweig der Nervi dentales und ausserdem noch mehrere feinste Reizen (bis zu 5), die im dickeren Theile der Pulpe ein reichliches Netz bilden in dem man Nervenröhrentheilungen findet. Nach ROBIN sollen die feinsten Fasern frei endigen. TOMES will von den Fasern der Dentinzellen die groÙe Empfindlichkeit des Zahnbeins ableiten.

**Zur Entwicklungsgeschichte der Zähne.** — Im Anfang des dritten Monats der embryonalen Entwicklung des Menschen entsteht (ARNOLD, GOODSIR, KÖLLIKER, KOLLMANN u. a.) am Ober- und Unterkiefer eine Furche, die »Zahnfurche«. In dieser entwickeln sich zunächst in jedem Kiefer 40 freie Papillen, aus denen sich die Milchzähne bilden: Zahnpapillen (KÖLLIKER). Durch Verwachsung der umgrenzenden Wallpartien werden sie »Zahnsäckchen« eingeschlossen, die Anfangs nach oben offen sind. Während des Wachstums bildet jedes der 20 Säckchen noch ein Nebensäckchen oder »Reservesäckchen« zur Bildung bleibenden Zähne. Zuerst liegen diese Reservesäckchen über den Säckchen der Milchzähne und nach und nach rücken sie an deren hintere Seite. Das Elfenbein des Zahns entsteht durch die Ossification des oberen Theils der Zahnpapille. Der Schmelz ist eine verkalkte Ausscheidung der Epithelialzellen des Zahnsäckchens (die das sogenannte »Schmelzorgan« darstellen); der Cement wird von dem Zahnsäckchen, das die Stelle von Periost vertritt, als echte Knochensubstanz auf die Wurzel des Zahns abgelagert.

Bei Säugethieren ist der Process der Zahnentwicklung ganz analog. Ueber die Entwicklung der Zähne bei Amphibien und Reptilien wurden unter KÖLLIKER's Leitung von SIRENA Untersuchungen angestellt. Die Zähne der Saurier und des Frosches entwickeln sich in einem Zahnsäckchen in der für den Menschen und die Säugethiere beschriebenen Weise. Bei Siredon und Triton beobachtete er die Entwicklung der Zähne frei in der Schleimhaut, welche die Kiefer deckt. Man beobachtet zunächst eine Anzahl grosser, papillenförmiger einfacher Zellen, welche ganz oberflächlich in der den Kiefer bedeckenden Schleimhaut ihre Lage haben, nur an der oberen Seite mit einer Schicht rundlicher Epithelialzellen bedeckt sind. Etwas später zeigt sich dort eine durchsichtige Lage von der Form einer kleinen Kugel, welche die erste Anlage des Zahnbeins darstellt; später erscheinen auch im Umkreis der Kugel, soweit sie das Zahnbein berührt, kleine fadenförmige Verlängerungen, die ersten Spuren der Zahnfasern mit den Zahncanälchen. Das wachsende Zahnbein gelangt endlich an die Basis des »zahnliefernden Zelle«, und indem das angrenzende Bindegewebe verknöchert, wird der Zahn mit dem Zahne zu einer Masse verbunden. Letzterer wächst noch in die Länge und durchbricht das ihn deckende Epithel.

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Zahndurchbruch und Zahnwechsel. Die Ordnung, in welcher die Zähne hervorbrechen, ist in gerichtlicher Beziehung für die annähernde Bestimmung des Alters wichtig. Doch ist die Ordnung keine absolut gleich bleibende. Zahndurchbruch erfolgt in der Regel gruppenweise zu zweien. Mit dem siebenten Lebensmonat treten die inneren Schneidezähne des Unterkiefers hervor, worauf die entsprechenden Zähne des Oberkiefers nach kurzer Zwischenfrist folgen. Einen Monat später folgen die äusseren Schneidezähne. Im Anfang des zweiten Lebensjahres folgt der erste Backenzahn, in der Mitte desselben Jahres der Eckzahn, zu Ende desselben der zweite Backenzahn. Mit dem Durchbruch des zweiten Backenzahnes jederseits und oben und unten ist die Zahl der Milchzähne (20) komplet. Der Zahnwechsel beginnt im siebenten Jahre, indem Wurzelkörper des Milchzahns bis zur Krone resorbirt werden, unter Einwirkung des »erodirenden Granulationsgewebes« der Zahnsäckchen (KEHRER, LIEBERKÜHN). Der erste bleibende Zahn ist der neu sich bildende erste Mahlzahn, worauf der eigentliche Wechsel der Milchzähne erfolgt.

mittel fähig wird. Es sind Fälle beobachtet, wo im höchsten Alter neue Zähne zum Vorschein kamen, theils schon in der Jugend vorgebildete, theils vielleicht neu entstandene?

Über die Veränderungen des Schmelzes im Alter: Abnützen der Zähne, war schon in der Rede. Durch starke Temperaturwechsel, Druck, Stoss beobachtet man häufig das Auftreten von Rissen, Spalten im Schmelz, welche bis auf das Zahnbein durchgehen und Gelegenheit zur Ansiedelung zahlreicher niederer Organismen: Spaltpilze, Bacterien geben, welche das Zahnbein angreifen, indem sie seine organische Substanz zerstören. Dieser Vorgang ist zunächst also kein entzündlicher.

**Vergleichende Anatomie.** — Die Papillen der Schleimhaut der Mundhöhle können zu Zähnen umgebildet werden, und zwar nach LEYDIG auf zweierlei Weise: 1) durch Verhornung ihres Epithels. Von dieser Art sind die Hornzähne des Störches und die des Ornithorhynchus u. a. 2) durch Verkalkung der Binde-substanz. Bei den Fischen hatte man zuerst erkannt, dass sie mit Zahnschmelz überzogene Zähne haben, wie das Zahnfleisch, Gaumens, der Zunge etc. seien. Ossificirt nur das freie Ende der Zähne papillenartig, so bleibt der Zahn beweglich, greift die Verkalkung tiefer, etwa bis zur Papille und zum Bindegewebsstratum der Schleimhaut selber, so erscheinen die Zähne als wenn die verknöcherte Mucosa mit dem darunter liegenden Knochen verschmilzt, als Fortsätze oder Auswüchse des Knochens. Bei den Fischen erhebt sich überall die Schleimhaut der Mundhöhle zu sehr starken, leicht ossificirenden Papillen; hier tragen nicht nur Zwischen-, Unterkiefer, sondern auch Gaumenknochen, Pflugschaar, Keilbeinkörper etc. Zähne. Bei den Fischen und Amphibien und Reptilien bestehen nur aus verknöchertem Bindegewebe die Zähne, während bei den Säugethieren aus Elfenbein und Zahnbein. Bei vielen Fischen ist der ganze Zahn solid, ohne Schmelz und Cement, mangelt es den Zähnen der niederen Wirbelthiere: diese Substanzen kommen zum Zahn nur, wenn sich dieser in einem Zahnsäckchen bildet, was bei einigen Sauriern und den Säugethieren geschieht. Doch fehlt auch bei den Stossezahnen der Elefanten der Schmelz. Bei einigen Thieren ist das Zahnbein sehr dick (im Stossezahn des Elefanten, beim Faulthier, in den Schneidezähnen einiger Vögel). Die starke Papillarentwicklung der Schleimhaut der Mund- und Rachenhöhle bei den Fischen erstreckt sich bei einigen Fischen auch auf die Schlundschleimhaut, deren Papillen ebenfalls papillenartig verknöchern können (LEYDIG). Complicationen im Bau der Zähne

gern in der Regel zu einem engen Canal. Die Schnoidezähne (vielfältig auch die Backenzähne der Nager besitzen offen bleibende Zahnhöhlen; dadurch wird ein Fortwachsen des Zahns ermöglicht, wie es bei den Schneidezähnen dieser Ordnung die Regel ist (GEGENBAUR).

### Die Bewegung des Kiefers und der Schluckakt.

Die Kieferbewegung geschieht durch eine durch beide Kiefergelenke gelegte horizontale Axe; das Anpressen wird durch den Masseter, Temporalis und Pterygoideus internus, das Oeffnen der Kiefer durch die Wirkung des vorderen Bauches des Digastricus, Mylohyoideus und Geniohyoideus, unterstützt durch die Schwere des Unterkiefers, besorgt. Für die Zermahlung müssen die Zahnreihen nach vorne und hinten sowie seitlich unter gleichzeitigem Zermahlen an einander verschoben werden. Da nur der Unterkiefer frei beweglich ist, so beruht das Zermahlen nur auf seiner Bewegung, welche durch die Wirkung des Pterygoideus externus jeder Seite erzeugt wird. Diese Bewegungsfähigkeit wird dem Kiefergelenke durch seinen aus der beschreibenden Anatomie bekannten eigenthümlichen Bau ertheilt. Die Kiefermuskeln werden vom Trigemini, vor Allem vom Nervus crotaphycticus und cinatorius des Ramus maxillaris inferior, versorgt.

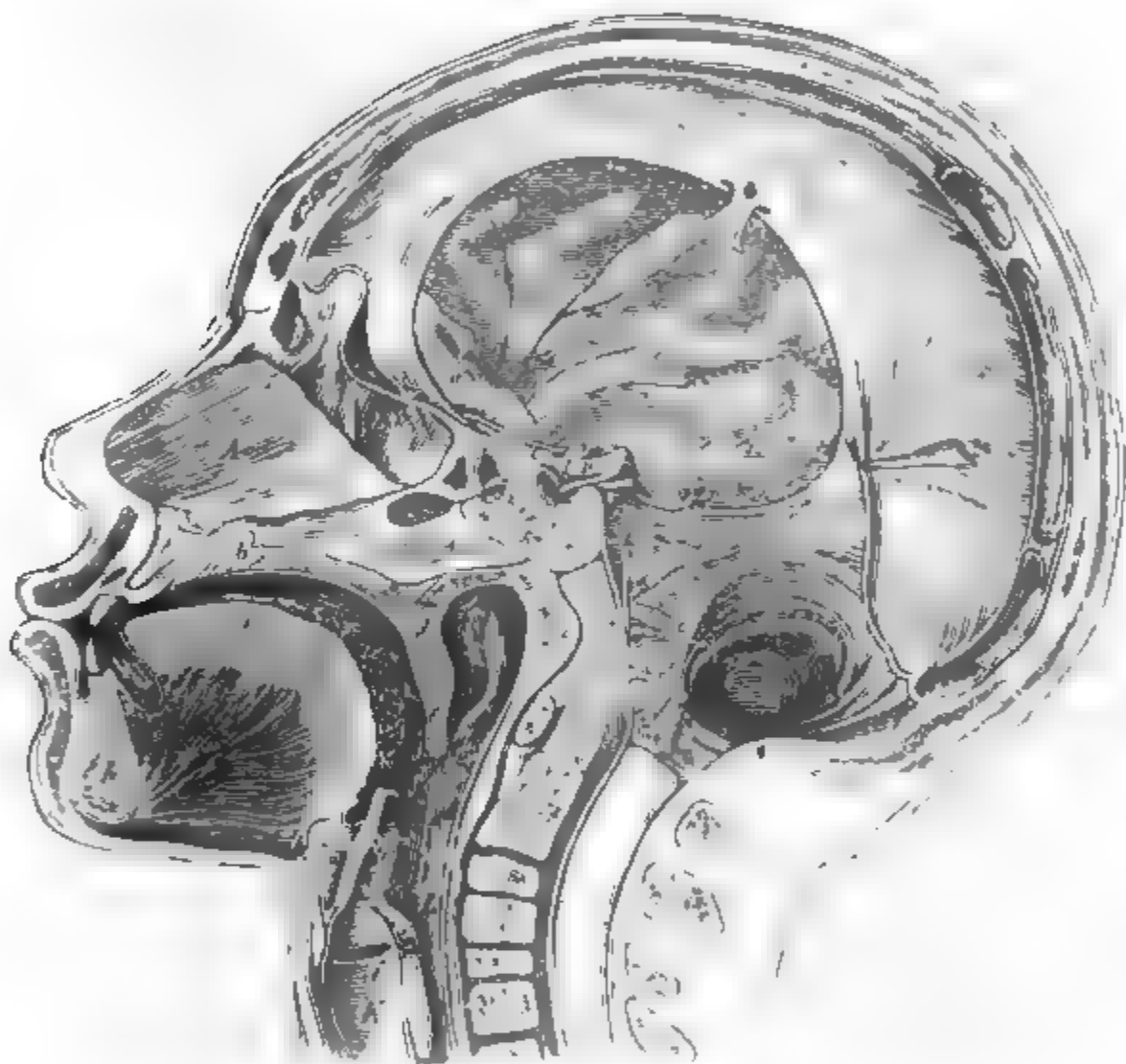
Nach dem Kauen und Einspeicheln folgt die Bildung des Bisses, indem von den Seiten her die durch den Speichel in einen formbaren Brei verwandelten Stoffe auf den Zungenrücken geschoben werden. Dieser höhlt sich löffelförmig aus und presst sich an den harten Gaumen an, wodurch dem Bissen eine ellipsoidische Gestalt ertheilt wird.

**Schluckakt.** Indem dieses Andrücken der Zunge von der Spitze gegen die Wurzel fortschreitet, wird der Bissen immer weiter nach hinten geschoben bis hinter den vorderen Gaumenbogen. Dieses Andrücken wird nur an der Zungenspitze von der eigentlichen Zungenmuskulatur, in der Mitte durch die flachen des Mundhöhlenbodens in Folge der Zusammenziehung des Mylohyoideus, an der Wurzel durch den Styloglossus besorgt. Ist einmal der Bissen hinter den vorderen Gaumenbogen, so legen sich diese durch den Musc. palatoglossus an die Zunge an und schliessen die Mundhöhle von der Rachenhöhle ab, in der sich nun der Bissen befindet, vollkommen ab (DZONDI). Gleichzeitig werden die inneren Nasenöffnungen, Choanen, durch das Anlegen des Gaumensegels an die hintere Rachenwand geschlossen, was theils aktiv durch die Levatores palati molles, theils passiv durch den Druck des Bissens erfolgt. Dadurch dass der Kehldeckel aktiv über den Kehlkopfingang durch seine Muskeln Thyreo- und Aryepiglottici — herübergelegt wird, wird auch letzterer geschlossen (CZERMAK). Fehlt der Kehldeckel, so kann auch noch durch Contraction der Stimmritze ein Kehlkopfverschluss hervorgerufen werden (Fig. 1).

Da alle sonstigen Oeffnungen geschlossen sind, bleibt dem Bissen nur der Weg in den Schlundkopf, der dem herabgleitenden Bissen entgegenkommt, eine gleichzeitige, von aussen sichtbare Hebung des Kehlkopfes. Aus dem Schlundkopf übergibt ihn eine Zusammenziehung des Schlundschlürfers an die Speiseröhre, welche sich oberhalb und um den Bissen zusammenzieht, so dass durch die Contraction der Bissen von oben nach unten fortgeschoben wird. Sobald der Bissen fortgerückt ist, erweitern sich die vorher contrahirten Partien.

Speiseröhre wieder, während die direct über dem Bissen liegenden sich zusammenziehen, so dass die Contraction wie die Bewegungen eines Wurmes, wellenförmig von oben nach unten in der Speiseröhre verläuft. Ganz analoge Erscheinungen finden sich auch am Magen und Darm und werden peristaltische bezeichnet. Diese Bewegungen sind ganz regelmässig, auf Zusammenziehung eines höher gelegenen Stückes folgt die eines tieferen. Ist der Modus der Bewegung wie bei krankhaften Verhältnissen umgekehrt, so bezeichnet man sie als antiperistaltische.

Fig. 80.



vertikaler Durchschnitt der Mund- und Rachenhöhle. A Septum narium, b durchsägter Kiefer, c Zunge, d Gaumensegel, e Uvula, f die Mündung der Tube Eustachii, g Weg aus dem unteren Theile des Schlundkopfes zu dem oberen Theile und den Choanen, h Epiglottis, A Kehlkopf, L Schlundkopf, s-s Hirnnerven.

**vergleichenden Physiologie und Anatomie.** — Die Kauwerkzeuge der Thiere stehen in genauester Beziehung zu ihrer Nahrung. Bei den Fleischfressenden, namentlich bei den reissenden Thieren sind die Eckzähne stärker ausgebildet und die Nahrung wird mit diesen Zähnen und den Klauen zerrissen. Bei den Wiederkäuern sind die Backenzähne bei den Nagern die Schneidezähne besonders ausgebildet. Bei den Carnivoren betheiligen sich die Bewegungen des Kiefers fast allein auf ein Heben und Senken, wodurch mit den schneidenden Backenzähnen die feste Nahrung zerschnitten wird. Bei den Pflanzenfressern sind die seitlichen Bewegungen sehr ausgedehnt, bei den Nagern die Vor- und Rückbewegungen. Damit steht die Gestalt der Gelenkhöhlen und Gelenkköpfe in vollstem Einklang. Bei den Carnivoren stehen sie quer, und die Gelenkköpfe liegen genau gegenüber, ziemlich tiefen Gelenkhöhle; bei den Wiederkäuern sind sie ziemlich rundlich

und mithin sehr beweglich; bei den Nagern haben sie eine Richtung von vorn nach hinten und es können sich die Gelenkköpfe in dieser Richtung leicht auf der Gelenkfläche schieben. Die Temporales und Masseteres sind bei den Carnivoren, die Pterygoidei bei den Wiederkäuern besonders stark entwickelt, was mit den hauptsächlichsten Bewegungen der Kiefer im Zusammenhang steht. Die stark entwickelten Jochbögen und die grossen Höhlen der Carnivoren bieten jederseits ansehnliche Anheftungsflächen für Temporalis und Masseter, während bei den Wiederkäuern die Processus pterygoidei, von denen die Pterygoidei entspringen, eine ungewöhnliche Entwicklung zeigen. Der Mensch nimmt in diesen Verhältnissen eine mittlere Stellung ein (DONDERS).

Die Kauorgane der Arthropoden bewegen sich nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Richtung gegen einander, sie sind nichts Anderes als bald zum Kauen, bald zum Saugen umgebildete vorderste Gliedmassenpaare. Diese Umwandlung der Glieder in Mundtheile ist bei den Crustaceen am deutlichsten, und es gibt sich die allmähliche Umwandlung der Füsse in Kieferfüsse und dieser in Kiefer z. B. schon beim Flusskrebs, noch bei *Limulus moluccanus*, dem Molukkenkrebs, auf den ersten Blick zu erkennen, so dass kein Zweifel über die morphologische Bedeutung dieser Theile aufkommen kann. Die übrigen Arthropoden lehrt dasselbe die Entwicklungsgeschichte.

### Nervöse Einflüsse auf Kauen und Schlucken.

Die Acte des Kauens und Schluckens sind, soweit sie von dem Willen geleitet werden, Beispiele für die in der speciellen Nervenphysiologie besprechenden coordinirten Bewegungen. Wir werden uns nur des einzigen Willensantriebes bewusst, der den ganzen vergleichsweise complicirten Muskelmechanismus des Kauens und Schluckens in Thätigkeit setzt. VAN DER KOLK fand das Centrum der coordinirten Kaubewegung in der Medulla oblongata, wohin die Mehrzahl derartiger Bewegungen (der unteren Bewegungskentren im Gegensatze zu den oberen) verlegt werden muss. Dort sitzt der die Kaumuskeln direct und regulirend beeinflussende nervöse Apparat, der vom Gehirn aus durch einen Willensanstoss ebenso in Thätigkeit versetzt wird, wie das einfache Abwickeln einer Hemmungsvorrichtung ein ruhendes oder aufgezogenes Uhrwerk zu mannigfaltigen Spiel veranlasst. Bei dem Schluckacte sind grösstentheils gestreifte Muskelfasern betheilig. Sie haben ihr erstes automatisches Centrum ebenfalls in der Medulla oblongata und zwar in den Oliven (SCHERER v. MÜNSTERBERG).

Ausser den uns aus der Anatomie bekannten Nerven für die Lippen- und Kieferbewegungen und die Zunge, agirt für den Rachen der Plexus pharyngeus zu welchem Glossopharyngeus, Vagus, Accessorius und Sympathicus zusammentreten. Der Trigemini setzt den Tensor palati mollis und den Mylohyoideus in Thätigkeit.

Nur bis zu einem gewissen Grade ist der Schluckakt der Willkür unterworfen, wir sehen ihn unwillkürlich eintreten, wenn irgendwie der Gaumendeckel oder die hintere Fläche des Gaumensegels berührt wird. Auch wenn wir scheinbar mit Willen schlucken, lässt sich doch immer ein gewisser Reiz nachweisen, ohne den das Schlucken nicht möglich sein würde. Es muss eine Berührung jener Schleimhautpartien stattfinden, z. B. durch Speichel, wenn der Schluckakt soll eingeleitet werden können. Es ist leicht zu erproben, dass das »leer Schlucken« nur so lange gelingt, als Speichel



schlucken vorhanden ist. Ebenso wenig gelingt das Schlucken bei offenem Munde. Es sind sonach die Schluckbewegungen zu den reflectorischen Bewegungen zu rechnen, da sie wie alle in dieselbe Klasse gehörigen Muskelbewegungen nur auf einen nachweisbaren sensiblen Reiz eintreten. Der Nervenmotor hat vor Allem die Aufgabe, diese reflectorischen Bewegungen rechtzeitig zu hemmen, rechtzeitig die Bedingungen zu ihrem Eintritt zusammenzusetzen zu lassen. Es sind sensible Fasern des Trigeminus, deren Erregung reflectorisch den Schlingreflex hervorruft (SCHR. v. D. KOLK). Schon die reichliche Beimischung mucinhaltigen Speichels macht den Bissen schlüpfrig, noch mehr zum Hinabgleiten in der Speiseröhre macht ihn der Schleim geschickt, so dass er sich bei seinem Vorbeigleiten an den Mandeln und der dortigen Schleimdrüsen reichen Gegend überzieht. Die normale Bewegung der Speiseröhrenmuskulatur erfolgt durch den Vagus (S. 359).

### Die Magenbewegungen.

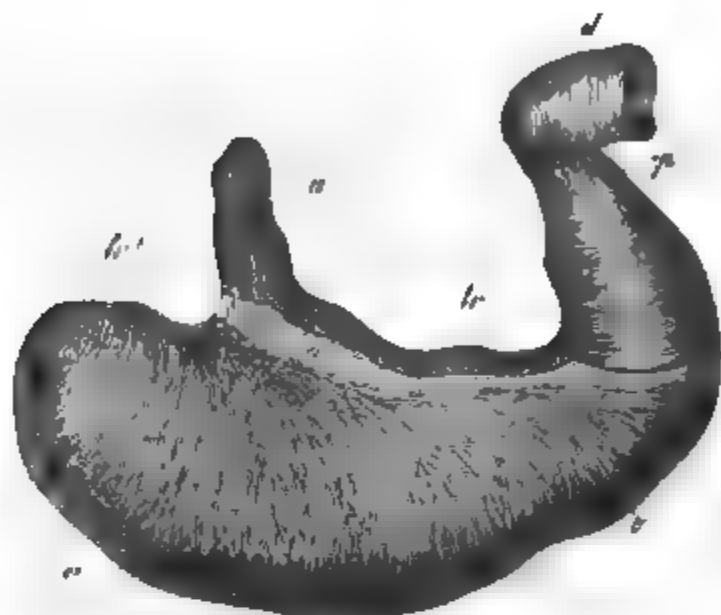
Im Magen verweilen die verschluckten Speisen längere Zeit und müssen zeitig mit der Schleimhaut in innige Berührung gebracht werden, um die dauenden Wirkungen des Magensaftes zu erfahren. Der Mageninhalt wird im Magen durch den Verschluss der beiden Mündungen zurückgehalten, welcher durch den ventilartig gebauten Pylorus, Pförtner, aktiv auf Reiz der Magenschleimhaut durch die sie berührenden Stoffe erfolgt und so fest ist, dass auch durch geschnittenen Magen hier keine Stoffe, selbst nicht Flüssigkeiten ausströmen. Die Cardia wird ausser durch ihre stark entwickelte Ringmuskulatur auch noch durch eine passive Magenbewegung geschlossen. Je mehr sich der Magen anfüllt, desto mehr dreht sich durch die gegebenen mechanischen Bewegungen seine grosse Curvatur, welche bei dem leeren Magen nach abwärts gebogen ist, nach vorne, so dass die kleine Curvatur, die sonst oben steht, nach oben gewendet wird; die Drehung erfolgt um eine durch den Pylorus und Cardia gehende Axe. Dadurch erfährt die Cardia eine Art Knickung, welche das Wiederaustreten des Mageninhaltes noch oben hinderlich sein muss. Ist der Cardiaverschluss immer weniger fest als der des Pylorus.

**Die Muskularis des Magens und der Därme.** — Am Magen ist die aus organischen Muskelfasern bestehende Muskelhaut nicht überall gleich dick. Während sie sich am Pylorus 1,65—2,2 mm dick zeigt, ist sie am Magengrunde ganz dünn (0,6—0,7 mm). Sie besteht aus drei aber unvollständigen Schichten. Nach KÖLLIKER liegen zu äusserst Längsfasern, die theils als Ausstrahlung eines Theils der Längsfasern des Oesophagus zu betrachten sind, von dem aus sie sich an der kleinen Curvatur bis zum Pylorus erstrecken, wo sie nach READINGER einen eigentlichen Dilator des Pylorus bilden, indem sie sich zwischen den Ringfasern einschieben und diese schlingenförmig umgreifen, während die anderen an der vorderen und hinteren Magenwand und an der oberen Seite des Fundus frei auslaufen; die dritte Schicht besteht aus selbständigen Fasern an der rechten Magenhälfte, von wo sie straff ausgespannt auf den Duodenum übergehen. Von der rechten Seite der Cardia an finden sich Ringfasern, die zum Pylorus, wo sie am stärksten entwickelt den Sphincter pylori bilden. Zu inneren liegt die Schicht der schiefen Fasern, die den Fundus schleifenförmig umfassen und an der Vorder- und Hinterfläche des Magens schief gegen die grosse Curvatur sich wenden, die zum Theil mit elastischen Sehnen an der Aussenseite der Schleimhaut sich ansetzen, die sich unter einander verbinden (Fig. 84).

Der Darmcanal besitzt lediglich Längs- und Quersfasern. Die erstern finden sich nur

an dem vom Gekröse freigelassenen Rande deutlicher, während die letzteren eine dünne Schicht bilden, die aber nicht in die KERRING'schen Falten hineintritt. Am Duodenum sind die Längsfasern wesentlich auf die drei 9—18 mm breiten Muskelbänder, Ligamenta, beschränkt, die am Coecum beginnen und am S-terminum in zwei Längsbündeln enden, welche die Längsfaserschicht des Rectum bilden. Die Mastdarm-Muskulatur ist 2 mm dick und noch dicker, liegen die hier im Gegensatz zu den Darmstücken stärkeren Längsfasern aussen, die Ringfasern innen. Ein etwas dickere Ende der Ringfasern bildet den Sphincter ani internus, mit dem quergestreifte Sphincter ani externus und Levator ani sich verbindet.

Fig. 84.



Magen des Menschen, verkleinert. a Oesophagus mit den Längsfasern. b Querschnitt (zweite Lage) größtentheils abpräparirt. c Querschnitt am Fundus, d Fibræ obliquæ, e Pylorus, f Duodenum.

ist 2 mm dick und noch dicker, liegen die hier im Gegensatz zu den Darmstücken stärkeren Längsfasern aussen, die Ringfasern innen. Ein etwas dickere Ende der Ringfasern bildet den Sphincter ani internus, mit dem quergestreifte Sphincter ani externus und Levator ani sich verbindet.

Von den Bewegungen des Magens, welche zur Mischung der ihm beizutragen sollen, ist wenig zu sagen. Ein frisch blossgelegter Magen eines Verdauung eben getödteten Thiers ist öfters ziemlich gleichmässig fest und enthält Inhalt angepresst. Doch sieht man bei gewöhnlicher peristaltische Bewegungen (von unten), von denen man nach alten Erfahrungen anzunehmen pflegt, dass im Magen enthaltenen Stoffe von der grossen Curvature hin und von da an der kleinen

zurückbewegen. Sicher drückt stets die allgemeine peristaltische Contraction der Muskulatur gegen den Pylorus an, dessen fester Verschluss anfänglich den Durchtritt verwehrt. Ziemlich bald schon treten in kleinen Mengen flüssige Stoffe durch, und nach einiger Zeit erfolgt pausenweise eine Eröffnung der Klappe, welche auch den festen Stoffen den Durchtritt gestattet. BRUCH und BRAUNE beobachteten an Duodenalfisteln, dass ein Theil der in den Magen gelangten Speisen, namentlich die mehr flüssigen, in 15—20 Minuten in den Dünndarm übertreten. Die Durchwanderung des Magens braucht normal mehrere Stunden.

Der Verschluss an der Cardia ist von Anfang an nicht so fest, wie der am Pylorus. In grösserer Menge in den Magen hinabgeschluckte Gase, z. B. nach dem Genuss von kohlensäurehaltigen Getränken, können hier als an dem höchstgelegenen Orte wieder entweichen, was aber wohl nie ohne eine Mitwirkung der peristaltischen, den Inhalt pressenden Bewegungen der Magenmuskulatur erfolgt. Wenigstens geschieht das Entweichen mit einiger Gewalt, so dass öfters geringe Flüssigkeitsmengen mit aus dem Magen durch den Oesophagus gerissen werden, die dann durch ihre saure Beschaffenheit zu jenem Brennen im Magen, welches in der Speiseröhre Veranlassung geben können, welches meist das »Aufsteigen« (Ructus) begleitet.

Die Bewegungen des Magens sowie der Verschluss (und die Eröffnung) des Pylorus werden zweifelsohne reflectorisch durch den Reiz der in den Magen gelangten Stoffe erzeugt. Damit steht es in Zusammenhang, dass sie um so stärker auftreten, je stärker die reizende Ursache einwirkt. Flüssigkeiten reizen die sensiblen Magenmuskeln gewöhnlich nur in geringem Grade, so dass also auch der von den Gefühlsnerven durch die Bewegungsnerven reflectirte Bewegungsanlass nur gering ist und geringe Muskelcontractionen hervorruft. Oft schon nach wenig Minuten verlassen verschluckte Flüssigkeiten den Magen durch den Pylorus. Festweiche oder feste Stoffe rufen kräftigere Contractionen und Klappenschliessmuskulatur hervor. Wir sehen, wie innig auch hier das

der verschiedenen Thätigkeiten desselben Organes sich zeigt. Die festen Stoffe bewirken ihrer Verdauung ein längeres Verweilen im Magen und eine gesteigerte Absonderung des Magensaftes. Der sensible Reiz, den sie auf die Schleimhaut durch mechanische Einwirkung ausüben, erzeugt nicht nur die geforderte stärkere Absonderung (wir sahen auf experimentelles Reiben an der Schleimhaut den Magensaft reichlich hervortreten), wir sehen auch, dass der sensible Reiz sich auch auf die Bewegungsnerven des Magens reflectiren; starke Contractionen des Pylorus sind die Folge, welche die Magenöffnung langdauernd fest geschlossen halten, so dass auch die zweite Forderung für die Magenverdauung erfüllt wird und die Nahrungstoffe mehrere Stunden lang im Magen verweilen können.

**Nervenmechanismen der Magenbewegungen.** Aus den Beobachtungen geht hervor, dass der Magen seine nervösen Bewegungscentralorgane, auf welche die Erregung seine geordneten Bewegungen erfolgen, in sich selbst besitzt, denn auch im ausgeschnittenen Magen sehen wir sie noch in regelmässiger Weise auftreten. Ausser den im Magen gelegenen centralen Bewegungsorganen, als welche die von MEISSNER, RUDOLPH u. A. beobachteten zahlreichen Ganglien in der Bindegewebsschicht des Magens angesehen werden dürfen, erhält der Magen auch noch Zweige von Vagus und Splanchnicus. Durch vielfache Beobachtungen hat sich, wie es scheint sicher, herausgestellt, dass der Magen seine Bewegungen vom Vagus veranlasst werden könne, am leichtesten dann, wenn die Magenglieder selbst gelegenen nervösen Centralorgane im Zustande erhöhter Erregbarkeit befinden. Dieses ist z. B. der Fall, wenn der Magen schon einige Zeit im Zustande der Relaxation begriffen war. Es erfolgt dann auf Vagusreizung entweder eine einfache peristaltische Contraction oder eine Zusammenziehung, welche von der grossen Curvatur zur kleinen verläuft (BISCHOFF). Dasselbe beobachteten VAN BRAAM, HOUCKE und SANDERS bei gesteigertem Blutdruck und Anfüllung der Magengefässe mit arteriellem oder venösem Blut (cf. Darmbewegungen). Die eben angeführte Beobachtung ist auch von grosser Bedeutung, weil sie uns ein Fingerzeig wird in einem der dunkelsten Gebiete der Neurologie. Sie zeigt uns, dass zum Zustandekommen gewisser auf nervöser Grundlage beruhender organischer Aktionen es nicht genügend ist, dass der anatomische Mechanismus vorhanden sei, sondern dass sich die nervösen Organe in dem Zustande der Erregbarkeit befinden müssen, der zweifelsohne zunächst einer bestimmten chemischen Zusammensetzung entspricht. Durch die sensible Erregung von der Magenschleimhaut her müssen die Ganglienzellen erst in Thätigkeit versetzt werden, diese ruft eine durchgreifende chemische Aenderung derselben hervor, welche die Schranken gleichsam niederreisst, die sonst das Hereinbrechen eines Reizes von den allgemeinen centralen Nervenapparaten widersteht. Der Reiz, welcher vorhin zu schwach war, Bewegung auszulösen, ist dazu nun im Stande, da die Bewegungsbremse verschwunden ist. Dadurch, dass chemisch-physikalische Veränderungen in nervösen Organen eintreten, sehen wir, dass sich jene Umwandlungen theilweise auf sie übertragen, auch Nachbarorgane zur Thätigkeit geschickt werden, und wir beobachten, wie Mithbewegungen, coordinirte Bewegungen etc. so leicht erfolgen.

Zu den Momenten, welche die Erregbarkeit der Magenganglien erfordert, gehört auch, wie bei allen Nerven, eine bestimmte Temperatur. Der leere ausgeschnittene Magen kommt in Bewegung, wenn man ihn bis 25°C. erwärmt (CALIBURCES).

Nach den Versuchen von GOLTZ über die Bewegung der Speiseröhre und des

den, sodass sie dann auf kaum bemerkbare Reize schon mit Contractionen der Muskulatur antworten. Uebermässig starke Reizung der betreffenden Stellen der Nervencentralorgane wird durch vorübergehende oder dauernde Lähmung derselben in dem gleichen Sinne. Bei Säugethieren sah man bisher nur in seltenen Fällen auf Vagusdurchschneidung Krampf der Speiseröhre (SCHIFF), meist ist danach das Oesophagusende gelähmt und wird, da es keine Bewegungen zum Weiterschaffen mehr macht, von den aufgenommenen Speisen angefüllt und ausgedehnt. GOLTZ' Versuche werfen Licht auf die Beeinflussung des Magens und der Speiseröhre durch Gemüthsbewegung und Schmerzen am Menschen (Erbrechen, Gefühl der Zusammenschnürung etc.).

**Zur vergleichenden Anatomie** (cf. S. 303). — Der Darmcanal der Wirbelthiere zerfällt im Allgemeinen in den Anfangsdarm: mit Schlund und Magen, den Mitteldarm mit Dünndarm und den Enddarm oder Dickdarm mit Coecum und Rectum. Bei Amphibien, den Cyclostomen und dem Proteus verläuft das Darmrohr wenigstens äusserlich ziemlich gleichmässig; die Unterschiede treten fast nur in der Schleimhaut der verschiedenen Abschnitte hervor. Bei den Fischen geht auch sonst meist die weite, längsgefaltete Speiseröhre in eine deutliche Grenze in den Magen über, der gewöhnlich einen nach hinten gerichteten Blinddarm besitzt. Bei den Amphibien findet sich meist ein deutlicher Magen, der sich bei einigen zu stellen beginnt. Unter den Reptilien verläuft bei Schlangen und Eidechsen der verdauungsbezogene Magen gerade, bei Schildkröten und Krokodilen finden sich dagegen höhere Entwicklungszustände, bei Schildkröten zeigt sich eine grosse und kleine Curvatur; der sackartige Magen der Krokodile erinnert durch sehnige Scheiben auf der Muskelfläche an den Vogelmagen. Bei den Vögeln, die noch meist die schon oben besprochene Erweiterung der Speiseröhre, den Kropf, besitzen, zerfällt der Magen in zwei Abschnitte, in den sogenannten Vormagen oder Drüsenmagen (Proventriculus), der als eine drüsenreiche Erweiterung der Speiseröhre erscheint, und in den Muskelmagen. Bei den pflanzenfressenden Vögeln bilden die Muskelwände des Magens zwei starke muskulöse Schalen von glatten Fasern, die mit der oben erwähnten fester werdenden, die Mageninnenfläche mit einer schwieligen Schleimhaut bedeckenden Drüsensekrete, unter Mitwirkung verschluckten Sandes, zur Zermahlung der aufgenommenen Nahrung beitragen können. Der Dickdarm ist kurz und eng, an seinem Anfang stehen zwei Blinddärme. Mastdarm und Ausführungsgänge der Harn- und Geschlechtsorgane öffnen sich in eine gemeinsame Kloake.

Bei den meisten Säugethieren ist der Magen einfach, besonders bei den fleischfressenden. Auch bei den auf Pflanzennahrung angewiesenen Einhufern ist der Magen einfach, die Portio cardiaca zeigt aber noch das Epithel der Speiseröhre. Bei dem Hamster, der Wasserbauschnecke zerfällt der Magen in zwei deutlich geschiedene Hälften. Bei dem Riesen-Känguruh unterscheidet man drei, bei den Faulthieren vier Abtheilungen. Auch einige Affen haben zusammengesetzten Magen. Bei den Cetaceen kommt ein zusammengesetzter Magen sowohl bei fleischfressenden als den pflanzenfressenden vor. Am bekanntesten sind die zusammengesetzten Magen der Wiederkäuer (Fig. 82). Hier finden sich vier Magen, nur der letzte, die Pouch, gleicht durch seine Schleimhaut und Magenabsonderung dem Magen der meisten übrigen Säugethiere: Labmagen (Abomasus). Die drei ersten Abtheilungen sind mit dem Epithel der Speiseröhre bekleidet und stehen somit auf analoger Stufe wie die Portio cardiaca der Einhufer. Alle drei dienen zur vorläufigen Erweichung der vegetabilischen Nahrung unter der Einwirkung des Speichels. Der Wanst (Pansen, Rumen) ist die erste, grosse Abtheilung; seine innere Oberfläche zeichnet sich durch viele platte Warzen aus. Die zweite kleinere Abtheilung ist die Haube (Netzmagen, Reticulum) mit zellenförmigen, gezähnelten Falten an der inneren Haut; sie steht mit der ersten Magenabtheilung in einem weiten Zusammenhange. Im dritten Magenabschnitt, dem Blättermagen (Omasus, Psalter, Buch), bildet die Schleimhaut eine grosse Anzahl hoher Längsfalten, die wie die Blätter eines Buchs neben einander sich erheben. Aus den beiden ersten Magen gelangt das erweichte Futter wieder in den Mastdarm zurück, erst nachdem es wiedergekaut und fein zerkleinert ist, gelangt es an den beiden ersten Magen vorbei sogleich in den dritten und vierten. Indem die Rinne, durch welche die ers-

der Speiseröhre zusammenhängen, sich schließt, bleibt für den Bissen nur der beiden letzten Magen (J. MÜLLER).

Mitteldarm wird bei den Wirbelthieren von dem Anfangsdarm meist durch die ringlorus-Klappe des Magens abgegrenzt. In Beziehung auf Länge des Darmes

die grössten Unterschiede, indem Fresser einen kurzen, aus wenig bestehenden, die Pflanzenfresser einen langen Darm besitzen. Dass Vermehrung der Magenabschnitte, Verlängerung des Darms bei Pflanzenfressern auf die Bedeutung der Verdauungsorgane zur Bekämpfung der vegetabilischen Nahrung heraus der merkwürdigen Umwandlung, welche die Larven der ungetriebenen Amphibien zeigen. Diese Larven

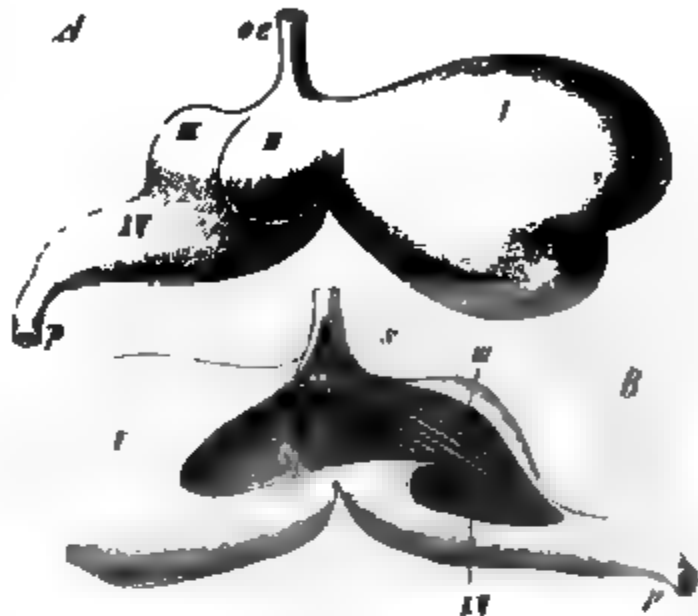
Pflanzennahrung; ihr Darm ist in spiralförmige Windungen gelagert.

Das ausgebildete Thier lebt von pflanzlicher Nahrung; in den letzten Larvenstadien findet sich eine Reduktion des Darms auf wenige Schlingen verkürzt. Pflanzenfressende Säugethiere leben nach der Geburt von animalischer von Milch. Der erste Magen der

Antilope ist klein, so lange sie von Milch leben, und wächst erst mit der wachsenden Antilope zu. Derselbe Unterschied zwischen pflanzenfressenden Thieren findet sich in Beziehung auf den Darm auch bei den Vögeln. Bei den Vögeln ist, wie gesagt, der Darm meist kurz, hier treten zuweilen compensatorische Vorrichtungen ein durch zahlreiche Schleimhautvorsprünge; bei den Rochen und Haifischen z. B. ist die Wand des Mitteldarms durch eine spiralförmige Falte ausgezeichnet, die ihn in zahllosen Windungen durchsetzt: Spiralklappe. Der Unterschied zwischen Mittel- und Enddarm (und dickem Gedärm) ist bei den Fleischfressern viel weniger ausgeprägt als bei den Pflanzenfressern. Der Grimmdarm ist bei den meisten Pflanzenfressern sehr weit und der Blinddarm ist bei Fleischfressern meist äusserst klein, bei Einhufern, Wieder- und bei den meisten Nagern ungemein lang, beim Pferd 0,8, beim Biber 0,6 m. Bei Dasyurus und Beutelhieren findet sich dagegen weder Blinddarm noch ein Unterschied zwischen Mittel- und Dickdarm.

Die Darminrichtungen der Wirbellosen war schon oben S. 304 die Rede. Hier noch einmal hingewiesen auf die Zahngertüste im Magen der Krebse und der Insecten (Orthopteren). Bei einigen fleischfressenden Insecten kommt ein zusammengesetzter Magen vor. Im Allgemeinen besteht der Darmcanal der Insecten aus der Speiseröhre, dem Saugmagen (nur bei Hymenopteren, Schmetterlingen, Zweiflüglern), dem Muskelmagen im Innern mit Zähnen oder Hornleisten besetzt (bei den fleischfressenden Käfern und den meisten Orthopteren) und dann dem Darm, der nach der Drüsen- noch in zwei Abschnitte zerfällt (J. MÜLLER).

Fig. 82.



Magen einer Antilope. A Von vorne gesehen B Von hinten geöffnet. oe Speiseröhre. I Rumen. II Netzmagen. III Blättermagen. IV Labmagen. p Pylorus. s Schlundrinne.

### Die Dünndarmbewegungen.

Um man ohne weitere Vorsichtsmassregeln bei einem eben getödteten Thiere den Unterleib, so sieht man nach kurzer Zeit die vorher ziemlich

ruhigen Därme in lebhafte Bewegungen gerathen. Diese Bewegungen beginnen als Contractionen an einer Darmstelle; die Zusammenschnürung schreitet auf die Schlingen fort, indem sie den Darminhalt, Gase manchmal mit hörbaren Geräuschen, vor sich hertreibt, indem sich stets die höher gelegenen Stellen wieder erweitern. Die Bewegung wird so lebhaft, dass sich scheinbar eine Schlinge über oder unter der andern hin- und herschiebt, stets wieder, wie erscheint, durch Berührung die anliegenden Schlingen zu gleich lebhafter Bewegung anreizend, so dass der Darm den Anblick vieler durch einander kriechender dicker Würmer darbietet. Die deutsche Bezeichnung »wurmformig« somit für die peristaltischen Bewegungen gut gewählt (S. 355).

Innerhalb der nicht geöffneten Leibeshöhle sind die peristaltischen Darmbewegungen nicht so lebhaft, ebenso wenn man den Bauch unter 38° C. wasser 0,6% Kochsalzlösung öffnet (SANDERS EZN und VAN BRAAM HOUCKGEES CALIBURCES fand, dass die Darmbewegungen etwas unter der normalen Körpertemperatur am lebhaftesten eintreten. Man sieht unter Umständen bei magel Individuen die Darmbewegungen auch durch die dünnen Bauchdecken hindurch deutlich. Auf ihnen beruht ohne Zweifel das Fortrücken des Inhaltes im Darm).

Abgesehen von der Art der peristaltischen Contractionen selbst, welche da sie von oben nach unten fortschreiten, ein Ausweichen des gepressten Inhaltes nach oben schon für sich allein erschweren, hindern dieses auch die klappenförmig gestellten KERKING'schen Falten der Schleimbaut, die auch dies noch als Oberflächenvermehrung der Darmschleimhaut analog den Zotten und LIEBERKÜHN'schen Drüsen anzusehen sind. Ist einmal der Inhalt bis in den Dickdarm vorgerückt, so verhindert die BAUHIN'sche Klappe am Coecum Rücktritt. Im Dickdarm selbst scheinen für gewöhnlich die peristaltischen Bewegungen sehr gering zu sein. Dort verweilt der Darminhalt offenbar eine verhältnissmässig lange Zeit, welche hinreicht, um ihn, vor Allem durch fortgehenden Wasserverlust, in Koth umzuwandeln.

Die Darmbewegungen erfolgen normal auf reflectorischem Wege, indem die Muskeln von der durch den reizenden Inhalt und durch den vom Inhalt ausgeübten Druck erfolgenden sensiblen Darmschleimhautreizung aus in Thätigkeit versetzt werden. Da auch der ausgeschnittene Darm sich noch peristaltisch bewegen kann, da auch nach Zerstörung des Rückenmarks und Gehirns bei Fröschen die Verdauung noch ihren regelmässigen Gang geht, so ist es bewiesen, dass die nächsten nervösen Centralorgane, welche diesen Vorgängen vorstehen, in dem Darme selbst gelegen sind (Ganglien). Doch scheint der Vagus, wie die Speiseröhre und den Magen, so auch den ganzen Darm in Bewegung setzen zu können. E. WEBER und H. HELFERICH haben diese Wirkung des Vagus am nur quergestreifte Muskelfasern besitzenden Darm von Tünnachgewiesen, für Säugethiere hat sie neuerdings v. BRAAM HOUCKGEEST sich gestellt.

PFLÜGER hat gefunden, dass die Darmbewegungen noch andere nervöse Einflüsse von aussen her und zwar vom Splanchnicus aus erfahren. Er fand, dass auf Reizung des Splanchnicus und des Brusttheils des Rückenmarks die peristaltischen Bewegungen der Gedärme aufhören. Der Splanchnicus ist ein Hemmungsnerv für die Darmbewegung. Wir werden finden, dass dieses überraschende Verhalten, dass auf Nervenreiz eine vorhandene



g vernichtet wird, in den organischen Vorgängen nicht einzig dasteht (Darmbewegung, Vagus).

Die antiperistaltische Bewegung des Darmes kommt normal beim lebenden Thiere nicht zur Beobachtung. Lokale künstliche Reizung (mechanische oder electriche) führt beim lebenden Thiere nur lokale Contractionen. Partielle Einschnürungen werden geleitet durch Bewegungen der longitudinalen Muskelfaserschicht: Pendelbewegungen des Darmes (der Autoren), die von den eigentlichen wurmförmigen, den Rollbewegungen des Darmes zu unterscheiden ist. RÜDINGER zeigte, dass der Splanchnicus sympathischen auch cerebrospinale Fasern erhält. Colon und Rectum erhalten motorische und sensible Fasern von dem die Art. mesent. inf. umspinnenden Plexus, aus dem auch ein Theil des Rückenmarks.

Beobachtung PFLÜGER's über die hemmende Wirkung der Splanchnicus-Reizung bestätigt S. MAYER und v. BASCH, BRAAM HOUCKGEEST wie fast alle Experimentatoren, die über diesen Gegenstand arbeiteten, bestätigen. Die beiden Ersteren erklären den Erfolg bedingt von der Auswirkung der Reizung auf die Gefässnerven; nur wenn durch die Reizung Gefässe des Darmes sehr verengt werden und dadurch die Zufuhr des reizend wirkenden venösen Blutes gehemmt werden, trete die hemmende Wirkung ein. Sie wollen eine analoge hemmende Wirkung auch gesehen haben, so dass im Gang befindliche spontane Darmbewegungen in ähnlicher Weise sich beruhigen, auf Kompression der Aorta, auf Aussetzen der Respiration oder Vagusreizung. VAN BRAAM HOUCKGEEST sah nach der Durchtrennung (Lähmung) bei Splanchnici die Därme mit Blut überfüllt und damit ihre Fähigkeit zu Bewegungen gehemmt. Bei Anämie sah auch er die Bewegungen sistiren. Er erklärte die hemmende Wirkung der Splanchnici daraus, dass ihre Reizung den Darm anämisch macht, analog wie S. MAYER und v. BASCH (cf. unten). Später sprach er sich für eine noch directere nervöse Gegenwirkung des Splanchnicus gegen die Bewegungsnerven des Darmes aus (S. 364).

Die Sensibilität des Splanchnicus ergibt die Schmerzhaftigkeit aller Operationen an ihm. G. COLIN fand, dass die Arterien der Eingeweide (Magen, Milz, Leber, Pankreas, Nieren, Darm) empfindlich werden durch die sie umspinnenden Nerven. Die übrigen Arterien des Körpers sind unempfindlich.

## Die chemische Ursache der Darmbewegungen.

Licht auf die inneren Gründe des Zustandekommens der Bewegungen der Darmmuskulatur und damit der Muskelbewegungen überhaupt werfen die oben (auf S. 359 Magenbewegungen) mitgetheilten Versuche. Es ergibt sich aus ihnen, dass gewisse chemische Veränderungen des Blutes (das Venöswerden desselben) und damit der Gewebsflüssigkeit, in den Nerven oder Muskeln selbst als einer der letzten Gründe der Darmbewegungen aufgeführt werden müssen, abgesehen von der directen Reizung der Darmnerven. Verschliesst man bei lebenden Thieren die Luftröhre, so beginnen nach den Erstickungskrämpfen mehr oder weniger starke peristaltische Bewegungen der Därme, welche bei wieder gestatteter Respiration verschwinden. Denselben Effekt hat Kompression des Arcus aortae und der Pfortader nach Verbluten und leichte Abkühlung der Gedärme. VAN BRAAM HOUCKGEEST sah bei Eintritt der Erstickungsanfälle zunächst Aussetzen der Darmbewegungen mit Erbleichen der Darmblutgefässe (durch Reizung des Gefässcentrums), in der Folge füllen sich dann die Darmblutgefässe mit venösem Blute an (bei eintretender Lähmung des Gefässcentrums) und beginnen die Darmbewegungen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass im normalen Organismus analoge Gründe wirksam sind. Wer erinnerte sich hier nicht an das Faktum, dass während der Verdauung, während der peristaltischen Bewegungen vorzüglich gefordert werden, das Blut der Darmvenen in höherem Maasse venöse Eigenschaften erhält, und mehr Kohlensäure im Gesamtblute vorfindet, wie schon die gesteigerte Ausscheidung dieses Stoffes durch die Athmung beweist?

Während der Anwendung der **Bauchpresse** verschliessen wir die Athemspalte längere Zeit. Es muss daraus derselbe Antrieh auf die peristaltischen Bewegungen resultiren, den eine künstliche Verschliessung der Trachea bewirkt. Es wirkt also die **Bauchpresse** in zweierlei Sinn befördernd auf die Darmentleerungen ein. Wahrscheinlich ist die Anregung der Darmbewegung das wichtigere von beiden Momenten. Dass es sich bei der Entstehung der Darmbewegungen um Anhäufung reizender Stoffe im Gewebe handelt, geht aus O. NASSE's Beobachtungen hervor, welcher die Darmbewegungen beschwichtigen konnte, indem er die Darmmuskeln durch Durchspritzen von 0,6 procentiger Kochsalzlösung durch ihre Blutgefässe auswusch.

Auch S. MAYER und v. BASCH finden, dass durch die Anwesenheit von venösem Blut im Darm ein erregendes Moment für die irritablen Gebilde desselben gesetzt wird, ohne dass die Frage aufwerfen, ob der Grund des Reizes in dem Sauerstoffmangel oder der Kohlenstoff des venösen Blutes liegt. Wichtig sind ihre oben erwähnten Beobachtungen, dass die nervösen Einwirkungen von Vagus und Splanchnicus zur Anregung von Darmbewegungen erst eintreten, wenn die reizbaren Gebilde des Darms durch die Einwirkung von venösem Blute erregbarer geworden sind, was in analoger Weise die oben mitgetheilte Beobachtung BISCHOFF's im Magen ergab. Die hemmende Wirkung des Splanchnicus auf die Darmbewegung (PFLÜGER) wollen sie von Einflüssen der Rückenmarks- und Splanchnicusreizung auf die Gefässmuskulatur des Darms ableiten. Diese Annahme, die uns vielleicht einen ersten Einblick in die nervösen Hemmungsvorgänge gewährt, lässt aber nicht nur ihre Deutung zu, dass das venöse Blut immer neu zugeführt werden müsste, um als neuer Reiz zu wirken. Wenn die Splanchnicus- oder Rückenmarksreizung die Arterien des Darms ihr Lumen verengern oder verschliessen, so häufen sich im Darmgewebe die »reizenden Zersetzungsprodukte« in gesteigertem Maasse an, da sie durch den Blutstrom nicht mehr entfernt werden. In geringer Quantität sehen wir diese reizend, in grösserer aber Bewegung hemmend, ermüdend wirken, die Hemmung könnte sonach auch in »Ermüdung« begründet sein.

Das Nicotin im Tabak ist ein Erregungsmittel für die Darmbewegungen und befördert dadurch die Darmentleerung. Im Kaffee sind die empyreumatischen Oele, nicht das Kaffee, ebenfalls in diesem Sinne wirksam (O. NASSE).

**Zur Entwicklungsgeschichte des Darms.** — Die hintere Darmöffnung wird dadurch gebildet, dass das gemeinsame Darm- und Allantois-Ende: die Kloake, in einer der sechsten bis siebenten Woche von aussen her einsinkende Grube durchbricht. Die gemeinsame Kloake wird in der Folge durch das Hervorwachsen einer Scheidewand zwischen Darm und Allantois: das Perinaeum, in eine besondere Oeffnung für den Darm und für aus der Allantois sich bildenden Organe getrennt. Der Darmcanal bildet zuerst eine gerade, in seinem ganzen Verlauf ungefähr gleichweite Röhre längs der Wirbelsäule. In der vierten Woche entfernt sich der mit dem Nabelblasengang communicirende Theil des Darms von der Wirbelsäule, wodurch er eine knieförmige Knickung erfährt, in deren aus der Nabelöffnung hervorragende Spitze der bald obliterirende Ductus omphalo-mesaraicus sich einsenkt. Das Stück oberhalb der Darmnabelöffnung wird Dünndarm, das unterhalb gelegene Stück fast ganz Dickdarm. Die Grenze zwischen beiden wird bald durch eine kleine Ausstülpung: den Blinddarm angedeutet. Der Darm reisst sich von dem Bauchnabel los, dessen obliterirender Gang rest als fadenförmiger Anhang des unteren Ileumtheils noch im dritten Monat sichtbar ist. Sehr bald drehen sich die beiden Darmschenkel und bilden eine Schlinge, der bisher untere Darmabschnitt wird dadurch der obere (Dickdarm), der früher obere Darmabschnitt bildet durch Verlängerung des Rohrs und gleichzeitige Verlängerung des Mesenteriums die Dünndarmschlingen. In der Lebergegend entsteht der Magen als bauchige Erweiterung, welche später durch Drehung die Querlage einnimmt, wodurch seinen beiden Curvaturen und den Fundus ihre Stellung angewiesen wird.

## Das Rectum.

grösseren Pausen, meist nur ein bis zwei Mal in 24 Stunden findet die Entleerung des Dickdarminhaltes, des Kothes, statt. Sie erfolgt durch peristaltischen Contractionen der sehr entwickelten Muskulatur des Mastdarmes, unterstützt durch die Wirkungen der Bauchmuskulatur, die sogenannte Bauchpresse (S. 364). Durch die kräftige Einathmung hält man dabei das Becken herabgepresst und verkürzt gleichzeitig alle Bauchmuskeln, wodurch ein starker Druck auf den Bauchinhalt ausgeübt wird, welcher diesen, soweit er beweglich ist, zu der bestehenden Oeffnung hinaus zu pressen strebt. Dies ist beim Harnlassen und bei dem Geburtsmechanismus sehen wir ein starkes Austreibungsmoment verwerthet.

Die den Koth austreibenden Kräfte haben den Widerstand der für gewöhnlich geschlossenen Sphincteren des Mastdarmes zu überwinden. Durch die Contraction des Levator ani wird das Ende des Mastdarmes über den festen Inhalt gehoben, und der flüssige Inhalt gleichsam hinaufgestülpt, hinaufgezogen, gleichzeitig erweitert sie das Herauspressen des Mastdarmes aus der Anus-Oeffnung.

Dickdarmausbuchtungen geben dem Koth seine charakteristische Form.

Bei langanhaltender allzustarke Ausdehnung verliert der Mastdarm seine Fähigkeit zu Contractionen. Während im anderen Falle die Kothentleerung fast durch letztere erfolgt, wird bei Erschlaffung der Mastdarmmuskulatur die Bauchpresse zum Austreiben verwendet, der Akt ist dann sehr mühsam.

Man kann annehmen, dass auch die Austreibungsbewegungen des Mastdarmes reflectorisch durch Reize hervorgerufen werden, welche auf seine Schleimhaut stattfinden. Unter normalen Umständen wirkt der Druck des sich mehr und mehr ansammelnden Kothes als Reiz. Aber auch andere Schleimhautreize können den Koth nach Stuhlentleerung hervorrufen, ohne dass Kothanhäufung vorhanden ist.

Es ist darüber gestritten, ob die Sphincteren für gewöhnlich aktiv durch Muskeltonus geschlossen seien, auch wenn kein Schleimhautreiz stattfindet. Man wollte aus dem Verlauf dieser Frage beweisen, dass den Muskeln ein gewisser ruhender Contractions-Tonus zugeschrieben werden müsse. Die Beobachtung hat diese Frage noch nicht mit aller Sicherheit entschieden, doch scheint es wahrscheinlicher, dass die fragliche Contraction ihren Grund auch in wechselnder reflectorischer Erregung der betreffenden Nerven besitze. GIANNUZZI und NAWROCKI banden an lebenden Thieren in das S-romanum eine Röhre ein, in welche sie von einem Gefässe aus Wasser einfliessen lassen konnten. Nach Durchschneidung der Nerven des Rectum bedurfte es eines viel geringeren Druckes, um ein viel niedrigeren Wassersäule in der Röhre, um ein stetiges Ausfliessen aus dem Rectum zu erhalten. Sie schliessen daraus auf einen unwillkürlichen Tonus der Sphincteren. Das Experiment scheint aber ebenso mit der Annahme von Reflexwirkungen zusammenzufallen.

## 2.

**Resorption der Nahrungsstoffe ins Blut.**

Die Verdauung hat die Aufgabe, den meist, trotz der Gleichheit ihrer atomistischen Zusammensetzung, verhältnissmässig von den Stoffen des lebenden Körpers in ihren chemischen, namentlich aber in ihren physikalischen Eigenthümlichkeiten noch sehr verschiedenen Nahrungsstoffen die Eigenschaften einzuprägen, welche sie tauglich machen, direct sich an den Lebensvorgängen des Organismus zu betheiligen. Ohne dass diesen so umgewandelten Stoffen die Möglichkeit gegeben wird, aus dem Darmrohre in das Blut, den eigentlich Ernährungssaft des Leibes, einzutreten, würden sie selbstverständlich für den Haushalt des Organismus werthlos bleiben.

Bei gewissen pathologischen Veränderungen des Darmlebens werden keine oder wenigstens fast keine Stoffe aus dem Darmlumen aufgesaugt. Es ist klar, dass der Organismus bei diesem Zustande aus Hunger zu Grunde gehen könnte, wenn auch noch so viel Nahrungsmittel genossen und im Munde, Magen und Darmlumen den verdauenden Einflüssen unterliegen würden. Die Lehre von der Resorption im Darmrohre steht der Lehre von der Verdauung an physiologischer Wichtigkeit nicht nach.

Die Gesetze, nach denen die Resorption erfolgt, sind noch nicht vollkommen aufgehehlt. Die Zeit ist freilich vergangen, in der man den fraglichen Vorgang in rein vitalistischer Weise erklären durfte; der Magen ist nicht mehr ein reissende Ungethüm, welches beständig nach Nahrung knurrt und die ihm reichliche unersättlich verschlingt. Kein grosser Fortschritt von dieser kindlichen Anschauung war es, wenn man den »Saugadern« oder den Blutkapillaren im Darm Mund zuschrieb, welcher aktiv die verflüssigten Nahrungsstoffe in sich einzieht, analog wie man gegenwärtig dem Protoplasma der Zellen des Darmepithels eine aktive, d. h. vitale Aufnahmefähigkeit für Stoffe zuschreibt, was doch kaum etwas Anderes heissen kann, als dass uns die mechanischen Bedingungen der Aufnahme unbekannt sind.

Nach dem Bekanntwerden der osmotischen Vorgänge hat man allgemein die Diffusion als die Ursache des Uebertrittes der (gelösten) Nahrungsstoffe aus dem Darmlumen in die Säftemasse angesprochen. Und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie auch in Wahrheit in ausgedehntem Maasse hierbei zur Geltung kommt. Doch war es vorschnell, die Resorption allein als ein Produkt der Osmose aufzufassen. Abgesehen davon, dass der Stoff-Verkehr in den lebenden Organen und Geweben und durch sie hindurch nach einer spezifischen Gesetzmässigkeit geregelt wird, worüber wir schon oben (S. 132 ff. u. a. a. O.) auch mit Beziehung auf die Verdauungsvorgänge ausführlich gehandelt haben, kommen neben der durch die Lebensvorgänge modificirten Osmose, und zwar in analoger Weise modificirt, auch die mechanischen Vorgänge der theils unter positivem theils unter negativem Drucke stattfindenden Filtration, vielleicht in noch ausgedehnterem Maasse als jene zur Wirkung. Mit diesen Vorgängen verbindet sich die oben erwähnte Fähigkeit des lebenden Protoplasmas (der Darmepithelien), aktiv auch festere Stoffe, z. B. Kör-

der Art der Ernährung der Amöben (S. 118 Zellenfütterung) in aufzunehmen und die aufgenommenen ebenfalls aktiv wieder abzugeben; Vorgang, der namentlich bei der Fettresorption eine wesentliche Rolle spielen scheint. Die Resorption ist also ein zum grossen Theil aktiver Vorgang. Aktiv werden die Stoffe in die Darmschleimhaut aufgenommen, aktiv weiter befördert. Beim Meerschweinchen hat A. HELLER in den Lymphgefässen des Mesenteriums rhythmische, nach den Stämmen fortschreitende Contractionen der durch Klappen getrennten Abschnitte wahrgenommen, wodurch periodisch der Inhalt von der Peripherie aus dem Centrum aktiv zuströmt.

Ass bei der Aufsaugung im Darme die Diffusion eine Rolle spiele, hat man daraus abgenommen, dass die Hauptmasse der ungelöst aufgenommenen Stoffe durch die Verdauung in leicht diffundirbare verwandelt wird. Eiweissstoffe, welche an sich wahrscheinlich gar keine wahren Lösungen bilden vermögen und deren endosmotisches Aequivalent darum nahezu = erhalten nach FUNKE's Untersuchungen als Pepton die Fähigkeit, verhältnissmässig leicht durch thierische Membranen sowohl zu diffundiren als zu osmosiren (S. 73, 256). Wie die Eiweissstoffe so wird auch das Amylum durch Umwandlung in Zucker durch den Verdauungsvorgang zu einem leicht diffundirbaren Stoffe.

osmosisströme entstehen, wenn auf der einen oder andern Seite osmotischen Druckverschiedenheiten ausgesetzt sind. Solche Druckverschiedenheiten finden im Darme sicher statt. Es befindet sich der Darminhalt unter dem pressenden Einflusse der peristaltischen Bewegungen der ihn fortwährend umhüllenden Darmmuskulatur, also unter einem positiven Drucke. In der Contactfläche der Zotten des Darmes und der Lymphgefässe finden wir ein Moment, welches eben genannten positiven Druck gegenüber auf der entgegengesetzten Darmseite zeitweilig einen negativen oder Saugdruck erzeugt. Auch chemische Attraktionen könnten bei der Aufnahme mitwirken.

### Bau der Darmzotten.

Die Darmzotten sind jene zottenförmigen Schleimhautvorragungen, welche der Innenfläche das sammetartige Aussehen für das unbewaffnete Auge verleihen. Sie sind mit einer Schicht derselben Cylinderepithelien überzogen, die auch sonst den Darm auskleidend finden. Es sind dieses jene Zellen, deren oberer, verdickter Rand, »der Zellendeckel«, in einer zarten Streifung, welche aus einer vielfältigen Durchbohrung durch feine Canälchen erkennen lässt (KÖLLIKER, FUNKE u. A.). Andere halten diese Streifung für den optischen Ausdruck von stäbchenförmigen Protoplasmafortsätzen, welche rhythmische (namentlich im Winter gut zu beobachten) Bewegungen zeigen, deren Bewegungscentrum im verlängerten Mark liegen soll (v. THANNHOFER). Am unteren Ende, mit dem sie der Schleimhaut ansitzen, verengern sich die Zotten und senden feine, hohle Ausläufer in das eigentliche innere Zottenlumen herein, welche sich wahrscheinlich mit den Ausläufern der das Zottenlumen durchsetzenden Bindegewebskörperchen zu einem zarten Canalnetz vereinigen (HEIDENHAIN, v. THANNHOFER u. A.). Diese Bindegewebs Hohlräume

sollen nach HEIDENHAIN die eigentlichen Kapillaren der in den Zotten befindlichen Lymphgefässanfänge sein. Danach existirt also eine offene Verbindung zwischen dem Darmlumen und den Lymphgefässen. Nach v. THANNHOFEN wird durch dieselben Canälchen auch eine offene Verbindung mit den Blutgefässen, d. h. mit den »Saftcanälchen der Adventitia« hergestellt. E. H. WIEGAND gab ein abgeschlossenes Chyluskapillarsystem in der Zotte an, andere behaupten die Fortbewegung der Lymphe in wandungslosen Hohlräumen (FRANK, BÄCKSTRÖM u. A.).

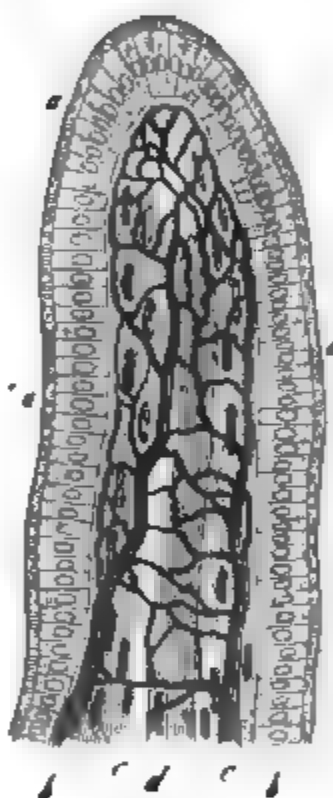
Die Grundsubstanz der Zotte hat im Allgemeinen denselben Bau wie die Darmschleimhaut. Wir finden ein Netz von Bindegewebskörperchen, oder Fasern, in welches reichlich rundliche, kernhaltige Zellen, von der Gestalt von

Fig. 83.



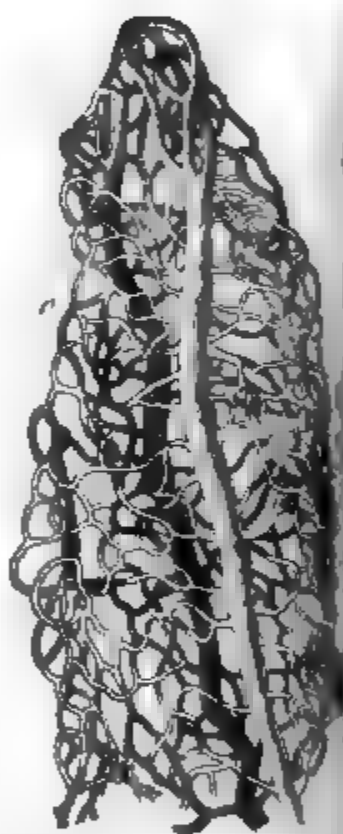
Zwei Zotten ohne Epithel mit dem Chylusgefäß im Innern, vom Kalbe, 15mal vergrößert und mit verdünntem Natron behandelt.

Fig. 84.



Eine Darmzotte nach LUDWIG.  
a Das mit verdicktem Saume versehene Cylinderepithelium; b das Kapillarnetz; c Längsbündel glatter Muskelfasern; d das in der Axe befindliche Chylusgefäß.

Fig. 85.



Das Gefäßnetz einer Darmzotte des Haseu mit dem arteriellen Stamm a, dem Kapillarnetz b, dem venösen Zweig c.

Grösse der Lymphzellen, eingelagert sind. An der Oberfläche stehen die Zellen dichter. Zwischen Epithel und Zottengrundgewebe findet sich ein zarter, heller Gewebssaum, der als eine stärkere Entwicklung der ungeformten Zellen zwischensubstanz, nicht als eine eigentliche Grenzhaute erscheint. Die Zotte ist ein reichlich mit Blut- und Lymphgefässen und organischen Muskelfasern versehener Schleimhautfortsatz.

In dem Centrum der Zotten finden sich die Anfänge der grösseren Lymphgefässe oder, wie man sie im Darne nennt, Chylus- oder Milchsaftge



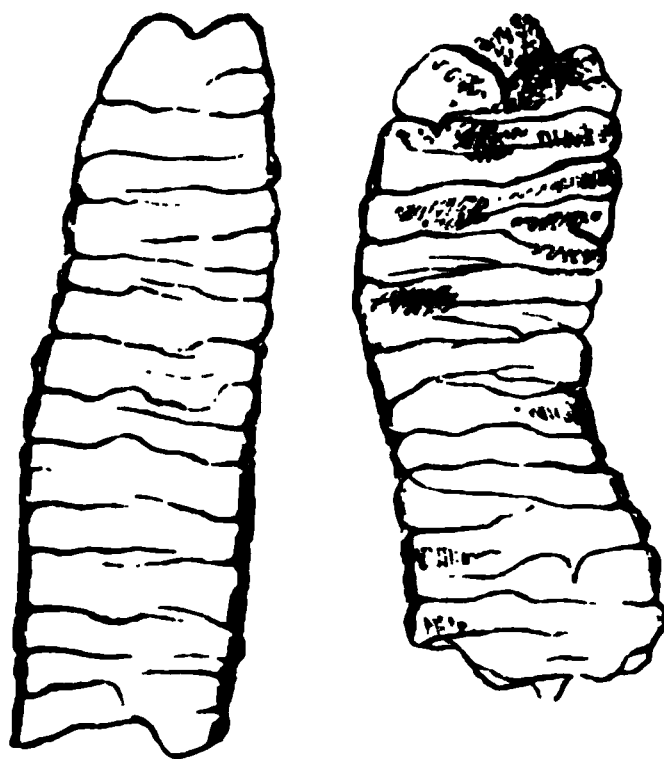
in schmäleren Zotten findet sich beim Menschen meist nur ein centrales Läss, welches meist mit einer etwas kolbig angeschwollenen Ausbuchtung unter der Zottenoberfläche endigt (Fig. 83). Manchmal beobachtet man solche Stämmchen, welche sich im oberen Theile der Zotte schlingen verbinden. Manche Thiere besitzen bis zu 4 Chylusstämmchen, die der Zottenspitze ein grobmaschiges Netz bilden. Die Bindegewebsnetze münden in diese Gefässchen. Sie haben nach KÖLLIKER eine Membran, welche nach v. RECKLINGHAUSEN und HIS von Endothelien wird, und führen direct in die grösseren Lymphgefässe, welche besondern feinsten Anfängen mit reichlichen Klappen versehen sind, die den Flüssigkeitsstrom nur in centraler, von den Zotten abgekehrter Richtung

BRÜCKE entdeckte um die centralen Chylusgefässe der Zotten herum eine lebende Schicht organischer Muskelfasern aus sehr zarten, schmalen Faserstäben bestehend. KÖLLIKER verfolgte sie zwischen die LIEBERKÜHN'schen Drüsen tief und fand ihren Zusammenhang mit den Muskelfasern der Mucosa. Jeder dieser bisher genannten Gewebsbestandtheile besitzt jede Zotte ein auffallend reiches Netz von Blutgefässen, welche, fast direct unter dem Grenzsaum der Zotte gelegen, ein Gerüst für das übrige in sie eingebaute Gewebe darstellen. Ein bis drei kleine Arterienstämmchen führen das Blut zu, steigen unter reichlicher Kapillarverästelung in ihnen bis zur Spitze empor und sammeln ihre Kapillaren endlich wieder meist in einem Venenstämmchen (Fig. 84. 85).

**Mechanismus der Aufsaugung durch die Zotten.** — Die Muskelfasern der Zotten wirken eine Zusammenziehung derselben, die sich als Verkürzung und Dickenzug zeigt (BRÜCKE) (Fig. 86). SCHIFF behauptet, dass die Galle als Reiz für die Zottencontraction fungire. Durch diese Zusammenziehung, welche auch durch die nach den Stämmchen fortschreitenden Contraktionen der Chylusgefässe unterstützt wird, wird sowohl der Inhalt der Blut- als der Chylusgefässe aus der Zotte herausgepresst. Sowie die Zotten wieder erschlaffen, strömt das Blut wieder in die Zotte ein, und die grosse Anzahl der sich füllenden Gefässe dehnt die Zotte wieder zu ihrer ursprünglichen Länge im ruhenden Zustande aus. Die durch die Contraction entleerten Chyluswurzeln können sich nicht mehr durch Rückfluss füllen. Sie werden durch die beschriebene Erektion der Zotten (BRÜCKE) ausgedrückt, es entsteht dadurch ein negativer Druck, der zur unmittelbaren Folge ein Ansaugen von Chylus aus dem Darmrohre durch die Wege der Chylusgefässe (vorausgesetzt, dass deren Protoplasma den Chylus durchtritt gestattet) in die Chyluswurzeln herein haben muss. Eine zweite Contraktion der Zotte macht sie von Neuem zum Ansaugen geschickt.

Die Resorption ist also, soweit sie wirklich in Ansaugung besteht, bei denjenigen Thieren, deren Darmzotten besitzen, von einer Functionirung der Zottenmuskulatur abhängig. Alle Mittel, welche diese Muskelfasern lähmen, müssen die Resorption beeinträchtigen oder

Fig. 86.



Zwei in Verkürzung begriffene Darmzotten der Katze. Vergr. 40.

ganz vernichten. Manche pathologische Störungen der Darmfunctionen scheinen auf solchen Lähmungen zu beruhen. Es muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass schon ein gesteigerter Wassergehalt die Muskeln lähmt. Also werden alle Momente, welche bei gesteigerter Blutzufuhr ein Austreten von serösen Flüssigkeiten in die Zotten hervorrufen, die Aufsaugung hemmen können. Daher sind fast alle zu starken Darmschleimhautreize mit wässerigen Stühlen verknüpft, die sich aus einem Mangel der Aufsaugung der normaler Weise in den Darm ergossenen Flüssigkeiten erklären lassen.

Eine andere Art von Resorptionsorganen beschrieb LETZERICH, er befindet sich aber in der Deutung seiner mikroskopischen Befunde in Widerspruch mit einer Untersuchung von F. E. SCHULZE u. A., welche sich auf dieselben Organe bezieht, welche von LETZERICH für Resorptionsorgane, von SCHULZE für Schleimsekretionsorgane angesprochen werden. Zwischen den gewöhnlichen Cylinderzellen der Zotten und der LIEBERKÜHN'schen Drüsen aller Wirbelthiere, auch des Menschen, finden sich grosse runde oder birnförmige deutlich contourierte Gebilde, Vacuolen. LETZERICH lässt sie sich fortsetzen in deutlich begrenzte Schläuche, die unter dem Epithel im Bindegewebe der Zotte sich zu einem Netzwerk verbinden. Die Vacuolen haben eine nach dem Darmlumen gekehrte scharf umschriebene Oeffnung, so dass hier die Cuticula (Zelldeckelschicht) der Cylinderzellen unterbrochen erscheint. LETZERICH hält die Vacuolen nicht für Zellen, sondern für frei ausmündende, durch die Schläuche sich mit dem centralen Chylusgefäss verbindende Anfangstheile des Resorptionsapparates. Bei geringer Fettfütterung sollen sich nur die Vacuolen mit Fett erfüllt zeigen. Die sog. (S. 371) zu besprechende Fettfüllung der Epithelzellen des Darms soll eine pathologische Erscheinung sein, die den Untergang der Zelle zur Folge hat. Das Fortrücken des Inhalts der Vacuolen soll durch stossweises Verkürzen und Strecken der Cylinderzellen erfolgen. Die Vacuolen LETZERICH's besitzen ein Analogon in den offenen einsaugenden Mündungen der Lymphgefässe, welche v. RECKLINGHAUSEN im Centrum tendineum des Zwerchfells, Andere an anderen Körperstellen nachgewiesen haben. Dass auch im Darm derartige Mündungen der Lymph- oder Chylusgefässe existiren, ist sehr wahrscheinlich.

SCHULZE beschreibt dagegen die Vacuolen als Becherzellen, da ihr oberer erweiterte, offen stehender Theil (Theca) wie ein Rheinweinglas, Römer, mit einem verschmälerten Hals, in dem ein Kern sich zeigt, auf der Membrana propria aufsitzt. Er fand die gleichen Organe ebenfalls im ganzen Darmcanal und in den Darmdrüsen der Wirbelthiere, im Epithel der Klappe des Mastdarms bei Amphibien und Reptilien, im Epithel des Oesophagus, des Rachens, der Mundhöhle, sowie in der Nasenschleimhaut des Frosches. Vielleicht sind aber doch die beschriebenen Gebilde, welche er auf der Oberhaut sehr vieler im Wasser lebender Wirbelthiere gefunden hat, trotz ihrer Uebereinstimmung im Bau von den in den resorbirenden Schleimhäuten gefundenen Vacuolen functionell verschieden. In erster Beziehung sind SCHULZE's Beobachtungen ausserordentlich interessant. An den noch lebensfrischen Barteln von *Cottus fossilis* konnte er aus ihnen die Absonderung einer schleimigen Masse direct unter dem Mikroskope beobachten. Aus jeder der runden Oeffnungen der Becherzellen wölbte sich ein kleiner Hügel einer hellen, leicht getrübbten, wie Schleim aussehenden Masse hervor; derselbe wuchs ziemlich rasch in die Länge, schnürte sich dann an seinem unteren Ende etwas ein, so dass das Bild eines im Abtröpfeln begriffenen, zähen Tropfens entstand. Dann wurde die untere halsartige Einschnürung immer dünner und zerriss zuletzt, das Klümpchen fiel ab; ein neuer Hügel derselben Masse erschien in der Mündung der Becherzelle, und es wiederholte sich mehrmals dasselbe Spiel. Deutlicher kann das Secerniren einer Zelle nicht beobachtet werden, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass die Becherzellen einzellige Drüsen sind, die der Schleimabsonderung vorstehen. DONDERS beschrieb diese Becherzellen als veränderte Cylinderzellen. Andere halten die Becherzellen für Kunstprodukte. Einzellige Drüsen finden sich, wie wir wissen, bei niederen Thieren nicht selten. (S. 38.)

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Die Schleimhaut des Darms der Wirbelthiere besteht fast durchgängig aus Zotten und Leisten in mannigfachen Uebergängen. Am Allgemeinen sind die Zotten bei Säugern und Vögeln. Sie fehlen auch manchen Fischen nicht. Auch Maulw-

abelthiere besitzen sie trotz der älteren gegentheiligen Angaben. An grossen Darm-  
 ann sich die Oberfläche derselben von Neuem zu secundären Zöttchen erheben, wie  
 des Elephanten und des Rhinoceros lehrt (LEYDIG). Beim Hund sind die Zotten lang  
 al, bei dem Rind breit und kürzer.

### Fettresorption.

Chylusgefässe am Darne zeigen sich etwa 4 Stunden nach Aufnahme  
 er Nahrung alle reichlich mit einer weissen, milchähnlichen Flüssigkeit  
 lus — gefüllt, die, wie die nähere mikrochemische Betrachtung lehrt,  
 inste Fetttröpfchen, die in unzähliger Menge in ihr suspendirt sind, ein  
 sichtiges Aussehen erhält. Ueberall in dem Parenchyme der Zotten zer-  
 iden sich grössere oder geringere Anhäufungen von feinsten oder grös-  
 tttröpfchen und Tropfen. Die Cylinderepithelzellen selbst zeigen sich  
 ich mit Fettmolekülen, denen hier und da auch einzelne grössere Fett-  
 a beigemischt sind, erfüllt, dass oft der Kern nicht mehr sichtbar ist.  
 die kapillaren Canälchen an der Innenfläche des Darms resp. an der  
 he der Cylinderzellen, ehe man die wichtige Function der Galle und der  
 e Pankreasverdauung gebildeten Seifen kannte, welche die feinen Kapil-  
 der Zellen auch für Fett durchgängig machen, war diese Fetterfüllung  
 bselhaft. KÖLLIKER konnte mit dem Mikroskope feine Fettstäubchen  
 b der kapillaren Zwischenräume der Cylinderzellenoberfläche, also  
 b jener feinen Canälchen, welche zwischen den auf der Zellenober-  
 lehenden (beweglichen?) Stäbchen freibleiben, nachweisen. Diese  
 sich innerhalb der Zelle zu grösseren Tröpfchen und werden von da  
 ch die Zottenbewegung und die anderen oben angeführten Kräftewir-  
 in das mit den Darmepithelien offen communicirende (?) Canalsystem der  
 webskörperchen angesaugt. So sehen wir sie oft in ziemlich regelmäs-  
 nanchmal netzförmig verzweigten Wegen, die ganz den Eindruck von  
 en machen, die Zotte erfüllen und dem centralen Chylusgefässe zu-  
 , das, durch die Erfüllung mit dem fettreichen Saft ausgedehnt, deut-  
 ennbar ist. Hier und da ist die Fettanhäufung durch die ganze Zotte so  
 ässig, dass diese dadurch ganz undurchsichtig erscheint. In anderen  
 inden sich nur sehr wenige fadenartige Streifen mit undurchsichtigem  
 füllt im Gewebe (E. H. WEBER, FUNKE).

Hauptmasse des Fettes wird zweifelsohne in den Zotten des Dün-  
 resorbirt. Aber auch in den Epithelzellen der übrigen Darmschleim-  
 den sich gelegentlich Fettanhäufungen. Bei säugenden Thieren z. B.  
 LLIKER Fett auch in den Epithelzellen des Magens. Aus dem bisher Er-  
 geht, soweit wir die Verhältnisse bis jetzt überblicken, hervor, dass  
 orption des Fettes bei jenen Thieren und in jenen Darmabschnitten,  
 Zotten besitzen, vor Allem der aktiven Aufnahme durch die Zotten,  
 itwirkung von Filtration ihre Ermöglichung verdankt. Wo Zotten fehlen,  
 vir, vielleicht neben jenen aktiven Saugmündungen der Lymph- und  
 efässe LETZERICH's, auf die uns bekannte (S. 130, 134), durch die  
 igenschaften der betreffenden Gewebselemente modificirte Osmose  
 illarattraktion zu rekurriren. In beiden Fällen aber wird die aktive

Aufnahmefähigkeit des Protoplasmas der Darmepithelien sich an der Resorption mit betheiligen. Die Galle und die durch die Pankreasverdauung gebildeten Seifen machen die Porenwege für Fett leichter durchgängig, das sich dann die ihm vorgezeichneten Wege einpressen lässt. Das Fett scheint zum grössten Theil direct zuerst in die Chylusgefässe zu gelangen.

Derselbe Weg steht auch Eiweisslösungen offen, die noch nicht Peptone umgewandelt sind (S. 257, 373).

In Beziehung auf die Modificationen, welche Filtration, Osmose, Kapillarattraktion im lebenden Darmgewebe erfahren, ist dem S. 430 und 434 Gesagten nur wenig zuzusetzen. Vor allem muss noch auf eine bisher nicht gewürdigte physiologische Wirkung der Galle hingewiesen werden. Nach dem von uns ausgesprochenen Diffusionsgesetze lebender Gewebe und Organe dringen nur dann Substanzen durch Osmose, Filtration, Kapillarattraktion etc. in das Protoplasma, überhaupt in das lebende Gewebe ein und durch sie hindurch, wenn die Lebensenergie der Gewebe (des Protoplasmas) bis zu einem gewissen Grad geschwächt ist. Diese Schwächung kann aus inneren chemischen Umsetzungen (Anhäufung ermüdender Stoffe, cf. diese) oder von Aussen durch Andringen für das Zellenleben differentier Stoffe (cf. S. 430 u. a. a. O.) erfolgen. Unter letzteren nimmt die Galle durch ihren Gehalt an Gallensäuren eine hervorragende Stelle ein. Sie ermöglicht also nicht allein die Mischung von Fett mit Wasser, sie (s. v. v.) öffnet auch die Gewebsporen des Protoplasma, ohne welchen Vorgang, welchem sich auch eine Reihe anderer chemischer Stoffe mit betheiligt, ein Eindringen einer Flüssigkeit in die Zelle durch Osmose, Filtration etc. nicht stattfinden könnte. Bei diesen Erörterungen darf auch die Kohlensäure, in lebenden Geweben stets vorhanden, nicht vergessen werden, welche ebenfalls »ermüdende Wirkungen« besitzt.

### Betheiligung der Blutkapillaren an der Resorption.

Eine grosse Reihe von Thatsachen beweist, dass auch die Blutkapillaren des Darmes an der Resorption sich betheiligen und Stoffe aufnehmen. Wir werden nicht irren, wenn wir diese Resorption durch die Blutkapillaren vor Allem auf Rechnung der nach den Lebensbedingungen der Gewebe modificirten Osmose setzen (cf. oben S. 430). In den Blutgefässen ist das Blut, eine eiweiss haltige Flüssigkeit. Das endosmotische Aequivalent des Eiweisses ist fast  $\infty$ , d. h. für Spuren von Eiweiss gehen fast unbegrenzte Mengen Wasser durch Diffusion auf die Seite des Eiweisses, wenn wir durch eine todte thierische Membran getrennt Eiweiss und Wasser einander gegenüber setzen. Vor Allem wird es also Wasser sein, welches theilweise ausser in die Chylusgefässe auch in die Blutgefässe des lebenden Darmes direct übergeht. Die wahren Lösungen: Peptonlösungen, Zuckerlösungen, Salzlösungen etc. müssen zu ihrer Resorption nicht der Darmsaugeinrichtungen. Sie können schon in der Mundhöhle, in der Speiseröhre, im Magen aufgenommen werden, sie werden es auch, wenn man sie direct in eine frisch angelegte Wunde bringt. Vom Darmkanal aus gehen diese wahren Lösungen z. Thl. in die Vena portae über. Man hat in letzterer den direkten Uebergang von Rohrzucker (BERNARD u. A.), Inulin (HOPPE-SEYLER und KOMAROS) und Pepton (HOPPE-SEYLER und DROSDORFF) constatirt.

Das Blutgefässsystem und die Lymphgefässe theilen sich also in die aufzunehmenden Stoffe. Für die Fette wird der speciell endosmotische Vorgang im Darme trotzdem, dass die Durchtränkung der Gewebe mit Galle und Seifen, sowie die stark saure oder alkalische Reaction des Chymus sie ermöglicht, stets ein geringer sein. Dass er wirklich stattfindet, geht wohl daraus hervor, dass das aus dem Darme stammende Blut der Pfortader während der Verdauung einen bedeutenderen Fettreichthum erkennen lässt als andere Blutarten in anderen Körpergegenden. Dasselbe scheint auch für die Eiweissstoffe zu gelten. Wenn sie auch als Peptone die Fähigkeit zu diffundiren erlangen, so bleibt dieselbe doch

sie nach FUNK fast zehnmal grösser ist als die des Eiweisses selbst, immer noch verhältnissmässig geringe, das endosmotische Aequivalent der Peptone verhältniss zu dem anderer Stoffe, z. B. Zucker, Salze, Säuren etc., immer noch ein bes. Je langsamer der endosmotische Vorgang verläuft, desto sicherer unterliegen der aktiven Aufsaugung durch die Darmzotten: Eiweissstoffe und Fett gelangen daher zum grössten Theil in die Anfänge der Chylusgefässe. Ebenso geht dahin auch der Antheil der leicht diffundirenden Stoffe, wie sich schon aus der Betrachtung des Vorgehen würde, auch wenn sie in dem Chylus nicht mit Sicherheit schon nachgewiesen Zucker, Salze, Milchsäure.

sind also vor Allem: Wasser, anorganische Salze, Eiweissstoffe, Fette, Zucker und Umsatzprodukte desselben, gemischt mit wieder aufgenommenen Resten der Verdauung selbst, welche das Blut durch Vermittelung der Chylusgefässe aus dem Darm aufnimmt. Die bei der Verdauung direct in das Blut gelangenden Stoffmengen sind dagegen verhältnissmässig gering.

**Stille Bemerkungen.** — Resorption im Dickdarm. Die Versuche von C. VOIR, und EICHENAST über die Resorption von Albuminaten im Dickdarm sind für die Frage der ernährenden Klystiere von Wichtigkeit. Flüssiges Eiereiweiss allein wird vom Dickdarm aus gar nicht oder nur spurweise aufgenommen, das osmotische Aequivalent desselben ist 706, das der Peptone 9,5. Peptonlösungen verschwinden rasch aus dem Dickdarm. Wird durch Schlagen verflüssigtes Hühnereiweiss mit einer Kochsalzlösung gemischt als Klystier eingespritzt (bei Hunden), so geht mit dem Kochsalz auch das Eiweiss in das Blut über und der Umsatz der Eiweissstoffe des Organismus wird dem zugeführten Eiweiss entsprechend vermehrt, was sich durch vermehrte Harnstoffausscheidung zu erkennen gibt. Mehr als Eiereiweiss mit Kochsalz wird natürliches Muskelacidalbuminat, welches vom Dickdarm aus resorbirt. Man presst durch hydraulische Pressen das im Fleisch enthaltene Eiweiss aus, das dann einen rothen, stark sauer reagirenden Saft darstellt. Im Mittel enthält 100 Gramm Fleisch 230 Gramm Wasser und 5,9% Eiweiss. Dieser Fleischsaft wird vom Dickdarm resorbirt. Das Infusum carnis frig. par. sec. LIEBIG enthält 1% Albuminate (cf. S. 174). Neben dem Albumin muss nach den bekannten Erfahrungssätzen auch Fett oder wohl besser gelöste Kohlehydrate (Zucker z. B.) dem Klystier zugemischt werden, wenn eine annähernd ausreichende Ernährung erzielt wird.

### 3.

## Die Lymphe und der Chylus.

Das Chylusgefässsystem mit seinen Anfängen im Darmlumen ist die wichtigste Quelle für die Erneuerung des Blutes. In Beziehung auf die Aufnahme grösserer Quantitäten von Fett ist keine andere Aufnahmsquelle bekannt, der es zu vergleichen. Man darf bei der Wichtigkeit der Chyluszufuhr für die Ernährung aber nicht übersehen, dass die Ernährung des Blutes aus dem Darmlumen ein specieller Fall der Ernährung und Erneuerung des Blutes aus allen Organen sei. Wo das Blut die Organe durchströmt, trifft es auf Gewebsflächen, welche die wichtigsten Blutbestandtheile: Eiweissstoffe, Salze, etc. in sich enthalten. Es muss unter den geeigneten Lebensbedingungen im Darmlumen so auch dort ein Diffusionsverkehr zwischen den Organen und dem Blute eintreten, der je nach dem Gehalte der beiden an den betreffenden Stoffen zu einer Mehrung oder Minderung derselben im Blute führen kann. Dazu kommt noch, dass in allen Organen sich eben solche Gefässe



wie die Chylusgefässe im Darne finden, in welche die Gewebsflüssigkeiten n allen ihren Stoffen sich ergiessen: die Lymphgefässe, welche diese aus d Geweben empfangenen Stoffe gemischt mit den vom Darm stammenden gemei schaftlich dem Venensystem zuführen. Besonders bei Betrachtung des Hungers zustandes wird diese Gleichheit der Functionen der Darm- und sonstigen Organlymphgefässe ersichtlich. Die Organe dienen dann als Reservoir aus denen das Blut die verbrauchten Stoffe sich ersetzt. Die festen Organ bestandtheile werden nach und nach verzehrt, sie werden dabei zum Theil zunächst verflüssigt und in die allgemeine Säftemasse zur Betheiligung an d Aktionen derselben übergeführt. Es müssen dazu verflüssigende, verdauende Einwirkungen in den festen Geweben ebenso stattfinden wie an den festen in den Darmcanal zur Verdauung aufgenommenen Stoffen. In den Organen finden sich daher Verdauungsfermente vor. Das Pepsin, das bei der Resorption mit in die Säftemasse aufgenommen wird, wird in Organen mit leicht sauer werdender Reaktion dieselben auflösenden Wirkungen entfalten, wie im Darm. Sicher setzt wenigstens die Wiederlösung der in den Organen fest gewordenen Eiweissstoffe eine analoge Fermentwirkung wie die des Pepsins oder des weiss verdauenden Pankreasfermentes voraus. Die Entdeckung des Pepsins in vielen Organsäften, namentlich im Muskelsaft (cf. oben S. 283), ist von diesem Gesichtspunkte aus wichtig, ebenso die Entdeckung diastatischer Fermente (S. 270). Die Lymphbildung in den Organen ist selbstverständlich eine immerwährend fortgehende Function; beständig wird mit dem Chylus gemischt auch Lymphe dem Blut zugeführt. Innere und äussere Ernährung — wenn als letztere die vom Darm aus bezeichnen wollen — findet stets gleichzeitig statt, nur überwiegt die Darmaufnahme zu gewissen Zeiten, während zu anderen die Aufnahme aus den Organen die bedeutendere ist.

Chylus und Lymphe sind also dem Wesen nach analog. Der Chylus ist die durch die Nahrungsaufnahme vermehrte Darmlymphe.

### Bau der Chylus- und Lymphgefässe.

Chylus- und Lymphgefässe bilden zusammen ein vielverzweigtes Röhrensystem, welches in seinem Baue mit dem Venensysteme im Wesentlichen übereinstimmt. Im Allgemeinen ist der Verlauf der Lymph- und Chylusgefässe der Anatomie bekannt. Bemerkenswerth ist ihr Reichthum an Klappen, welchen Venenklappen entsprechen. Die grösseren Lymph- oder Chylusgefässe sitzen wie die Blutgefässe drei Häute. Die Intima besteht aus einer Epithel von verlängerten Zellen aufliegend auf elastischen Fasernetzen. Die Media besteht aus querverlaufenden glatten Muskelfasern mit ebenfalls querlaufenden elastischen Fasern zusammen. In der Adventitia streichen die Bindegewebsfasern, aus denen sie besteht, nach der Länge, unter ihnen zeigen sich auch sehr feinen Lymphgefässen ebenfalls längslaufende organische Muskelfasern, welche sie von den feinen Venen unterscheiden lassen und die ihre Contractilität (Meerschweinchen) beobachtete Contractilität erklären. Bei dem Ductus thoracicus schiebt sich zwischen das Epithel der Intima und die elastischen Fasernetze noch eine längsstreifige Lage ein. Die Media beginnt mit einer dicken längslaufenden Bindegewebslage (KÖLLIKER).



Der Ursprung der Lymphgefäße sind die Untersuchungsakten noch geschlossen. Die verschiedenen Gewebe und Organe scheinen sich hierin verschieden zu verhalten. In den Geweben der Binde substanz (cf. diese) bemerkt man, analog wie oben von den Darmzotten angegeben, dass sie mit Lymphspalten, d. h. dem Saftcanalnetz, in welchem die Bindegewebszellen, in Zusammenhang stehen, dass diese also gleichsam als feinste Lymphkapillaren anzusehen sind, in den Knoten dieses Netzes liegen die Mastzellen der Binde substanz (Zellen) (VIRCHOW, v. RECKLINGHAUSEN u. s. w.). Es finden sich aber auch echte Lymphkapillaren, an denen man keine Lymphwand beobachten kann. Bei den Batrachierlarven, an deren Darmzotten KÖLLIKER diese Lymphkapillaren zuerst auffand, schienen sie ihm sternförmigen Zellen: — Bindegewebskörperchen, d. h. eben aus jenem Saftcanalnetz der Bindegewebszellen — hervorzugehen. Die echten Lymphgefäße sind etwas weiter als die Blutkapillaren. In vielen Drüsen, in den Knochen etc. bestehen, wie es scheint, die Anfänge der Lymphgefäße in Gewebsräumen, die sich erst im weiteren Verlaufe mit den eigentlichen Lymphkapillaren und Lymphgefäßen verbinden. In der Substanz des Knochens, in der Leber, im Centralnervensystem werden kleinere Blutgefäße von relativ weiten, „lymphatischen Lymphräumen“ (His) vollkommen umgeben, das Blutgefäß verläuft eine Strecke innerhalb des Lymphgefäßes, später durchbohrt es dessen Wand und nun laufen die beiden Gefäße nachbarlich neben einander her. Die Adventitia der Blutgefäße des Gehirns besitzt Lymphräume (VIRCHOW). Die Höhlen Sacke: die Höhlen des Peritoneums, der Pleura, des Pericardiums, des Hodens, des Arachnoidealraums, der Augenkammer, des Ohrschallens u. a. spricht man neuerdings als kolossale lymphatische Spalträume an, in welchen die Lymphgefäße mit freien weiten Oeffnungen: Stomata (V. RECKLINGHAUSEN's, beginnen (cf. unten und S. 383).

Ueber den Zusammenhang der Lymphgefäßwurzeln mit den Blutgefäßen haben die neueren Untersuchungen wichtige Aufschlüsse gebracht. Die beiden Gefäßarten verbinden sich direkt mittelst feinsten Stomatata der Blutgefäße (J. ARNOLD) durch ein System engster im Parenchym gelegener Canälchen, welche sich bei Zuständen venöser Stase und Oedem sowohl von den Blut- als Lymphgefäßen aus injiciren lassen (cf. Cap. X.).

V. RECKLINGHAUSEN zeigte an einigen Lymphgefäßen ähnliche aktiv wirkende Stomatata zur Einsaugung von Flüssigkeiten, wie wir sie in den Darmzotten kennen haben. Er fand, dass die Lymphgefäße des Centrum tendineum des Bauchfells in der Bauchhöhle Flüssigkeiten, welche kleine Körperchen suspendirt enthalten, aus der Bauchhöhle aktiv resorbiren. Diese Resorption lässt sich direct unter dem Mikroskop (bei 3—400facher Vergrößerung) beobachten. Bringt man mit Zuckerwasser vermischte Milch auf ein sorgfältig ausgeschnittenes Stück der peritonealen Fläche des sehnigen Bauchfellsabschnittes, so sieht man über den oberflächlichen Lymphgefäßen Strudel entstehen, welche die Milchkügelchen in das Lumen derselben einführen; auch rothe Blutkörperchen werden dieselben, ohne ihre Gestalt zu ändern. Die Oeffnungen, in welche die Körperchen eintreten, sind etwa 3mal so gross wie ein rothes Blutkörperchen, meist von ovaler Form an der Stelle gelegen, wo mehrere Epithelzellen des Bauchfells zusammenstossen: Stomatata. Die seröse Flüssigkeit der Bauchhöhle, welche Lymphkörperchen enthält, scheint an diesen Saugorganen beständig während des Lebens eingesaugt, also aus anderen Quellen beständig wieder in die Bauchhöhle ergossen zu werden. Ein offen ausmündendes

des Lymphgefässsystem behauptet HALLMAN-HEHRING auch für die Nasenschleimhaut, die er von zahlreichen feinen wandungslosen Röhrchen senkrecht durchsetzt. Auch in der Schleimhaut des Larynx und der Trachea will er diese Röhrchen gesehen haben, oben LETZERICUS und SCHLZE'S Beobachtungen S. 370. Am leichtesten sind die Stomata v. RECKLINGHAUSEN'S zu sehen am Peritoneum des Frosches.

Die Flüssigkeiten, welche in die Wurzeln der Lymph- und Chylusgefässe eintreten, sind in ihrer chemischen Zusammensetzung bedingt von der Mischung des im Darmlumen enthaltenen Chymus und der specifischen Gewebe, aus denen sie stammen. Je nach der genossenen Nahrung, je nachdem die Aufsaugung durch die Blutgefässe eine grössere oder geringere spielt etc., wird der Chylus sehr wechselnde Zusammensetzung zeigen. Bei Hungernden ist die Chylusgefässe mit einer durchsichtigen, nur schwach opalescirenden Flüssigkeit gefüllt, wenn reichlich Fett in der Nahrung enthalten war, zeigt dieselbe Flüssigkeit jenes oben beschriebene milchähnliche Aussehen. Wir wissen, wie verschieden in den einzelnen Geweben und Organen der Stoffumsatz sich gestaltet. Es ergibt schon eine einfache Ueberlegung, dass die Lymphe aus jedem Organe eine andere Stoffmischung zugeführt erhalten muss. Da die verschiedenen Parenchymflüssigkeiten sind, so verschieden wird die Zusammensetzung der Lymphe sein, die aus den betreffenden Organen herkommt. Die Chemie hat in Bezug auf diese Fragen noch fast Alles zu leisten. Nirgends noch kennen wir mit genügender Genauigkeit die fragliche Zusammensetzung der zu Lymphe oder zu Chylus werdenden Flüssigkeiten. Ueberall, wo wir untersuchen können, sind die Flüssigkeiten dadurch, dass sie schon Lymphdrüsen passiert haben, in ihrer Zusammensetzung specifisch verändert. Wir kennen die Lymphe und den Chylus nur in schon verändertem, dem Blute verhältnissmäßigem Zustande, den die Lymphdrüsen hergestellt haben.

### Bau der Lymphdrüse.

Unter den Lymphdrüsen sind vor Allem die Follikel zu nennen. S. 371. Die zartesten Lymphgefässe führen den rohen Saft ihnen zu, die Follikel mischen ihm dann aus ihrem Inhalte geformte Elemente. Lymphknoten kommen bei, unter deren Einwirkung der Chemismus der Lymphe und des Chylus seinen specifischen Charakter erhält. Die grösseren Lymphdrüsen zeigen in ihrem anatomischen Bau eine nicht zu verkennende Analogie mit diesen einfachsten Drüsenformen. Man kann die complicirteren Lymphdrüsen combinirte Follikel nennen.

Die Lymphdrüsen des Menschen besitzen einen bindegewebigen Hilusstroma-Hilus, der eine Anzahl grosserer Blutgefässverzweigungen und viele Lymphgefässe in sich einschliesst. An jeder Drüse finden sich zuführende und abführende Lymphgefässe. Auf dem Drüsenschnitt zeigt sich eine Scheidung zwischen Mark- und Rindensubstanz, erstere ist beim Menschen sehr gering entwickelt. Der feinere Bau ist nach den Untersuchungen von FAY, HIS, KELLER u. A. folgender. Jede Drüse hat eine Hülle, welche ein reiches Balkennetz, das das Innere der Drüse abgehen lässt, wodurch diese in eine grosse Anzahl unter einander communicirenden Hohlräumen getrennt wird, die in der Regel mehr rundliche Gestalt haben und als Alveolen bezeichnet werden und eine ziemlich scharfe Abgrenzung zeigen. Im Innern der Drüse sind die von Balkennetzen gebildeten Hohlräume mehr länglich, strangförmig, vielfach untereinander verbunden. Die Hülle besteht mit ihren Balkennetzen bei dem Menschen vorzüglich aus Bindegewebe, dem aber eine nicht unbedeutende Menge glatter Muskelfasern beigemischt ist. Bei Säugethiereu Ochsen finden wir

z aus Muskelfasern bestehend. Innerhalb dieser Alveolen und schlauch-  
 n Hohlräume liegt das eigentliche Drüsengewebe. Diese Drüsensub-  
 stanz besteht vor Allem aus einer grossen Menge jener uns schon bekannten rund-  
 ellen, die auch den Follikelinhalt ausmachen, welche ganz die Form und  
 sehen der Lymphkörperchen an sich tragen. In der Mitte jeder Alveole  
 sich ein festerer Kern der Drüsensubstanz. Er zeichnet sich dadurch  
 aus, dass er Blutgefässe in sich enthält, nach aussen hin ist der Zusammen-  
 hang der Zellen lockerer, hier finden sich keine Blutgefässe. Diese liegen nicht  
 frei in den Alveolen, sondern sind in ein Netz feiner, aus Bindegewebskör-

n bestehender, von den Balken  
 der Fasern eingebettet. Im lo-  
 sen Alveoleninhalte wird dieses  
 lockerer und befestigt sich an die  
 Wände der Blutgefässe (Fig. 87).  
 In der festere, mittlere Drüsenkern in  
 der Alveole, welcher nach der Ge-  
 wöhnlichkeit Balkenhohlräume in der Rin-  
 nenz mehr kugelig, in der  
 Substanz mehr strangförmig ist,  
 hat im ersteren Fall den Namen:  
 Markknoten, im zweiten: Mark-  
 strang. Die weniger festen, blut-  
 reicher umhüllten Schichten die-  
 nen als Lymphsinus,  
 Lymphräume bezeichnet.  
 Man sagt, dürfen wir sie uns nicht  
 als abgeschlossene Hohlräume vorstellen.  
 In der Nähe der Gefässe zeigen sie  
 ein auch von lockerem Gefüge,  
 ebenso gebaut wie die Rinden-  
 und Markstränge. Da die Al-  
 veolen alle unter einander in offener  
 Verbindung stehen, so befinden sich  
 alle Markgebilde mit einander in  
 Verbindung, sie würden im Ganzen  
 eine vielverzweigte und ver-  
 netzte Figur darstellen. Ihre Bin-  
 defasern verdichten sich an

der Drüsensubstanz etwas mehr, so dass sie sich von den rings um-  
 liegenden Lymphräumen doch mehr oder weniger abschliessen, ohne dass eine  
 feste Membran vorhanden wäre. Die Lymphräume stehen ebenso wie die  
 Alveolen der Drüsensubstanz durch die ganze Drüse hindurch in ununterbroche-  
 ner Verbindung und stellen somit ein vielverzweigtes Canalnetz dar zwischen  
 den Balken und der eigentlichen Drüsensubstanz.

Das Verhalten der Lymphgefässe zu den Lymphdrüsen ist folgendes.  
 Während die Blutgefässe treten an die Hülle heran, durchsetzen diese und mün-

Fig. 87.



Aus der Marksubstanz einer von der Arterie mit Chrom-  
 blei eingespritzten Mesenterialdrüse des Ochsen. Aus-  
 gepinselt und 300mal vergr. a Ein Markstrang, in dem  
 das Kapillarnetz, das feine Reticulum und noch einzelne  
 Lymphkörperchen sichtbar sind. b b denselben umge-  
 bender Lymphgang, in dem das überall vorhandene aus  
 kernhaltigen Zellen bestehende Reticulum nur bei c c ge-  
 zeichnet ist. Die Lymphkörperchen des Lymphganges  
 sind ausgepinselt. d d Fast ganz aus glatten Muskeln  
 bestehende Balken, e ein kleiner Markstrang mit nur  
 einem Blutgefässe und mit Lymphzellen gefüllt.

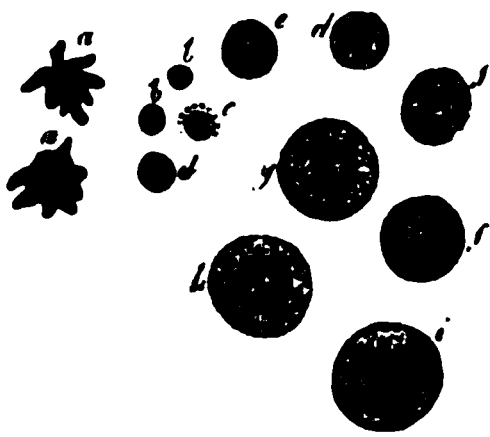
den in je einen Lymphraum ein. Auf der entgegengesetzten Seite sammeln sich die abführenden Lymphgefässe wieder aus den Lymphräumen. Es geht also die Bahn des Lymphstromes vom Vas afferens aus durch die Lymphräume der Rinde und des Markes zum Vas efferens. Auf diesem Wege, den sie sicher nur äusserst langsam zurückzulegen vermag, indem sie hindurch sickert, nimmt die Lymphe einen Theil der lose im Bindegewebsnetz eingebetteten Zellen mit sich, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Drüsenkern immer von Neuem ersetzen. Nach BRÜCKE u. A. finden sich in der Lymphe, nachdem eine Drüse passiert hat, mehr Lymphkörperchen als vorher. Auch bedeutende chemische Umwandlungen müssen in den Lymphdrüsen vor sich gehen, da sich der hinter ihnen in den Lymphgefässen befindliche Saft wesentlich, vor Allem schon durch die Zumischung von Zellen, von dem Chymus und den Gewebsflüssigkeiten, aus denen er entstanden, unterscheidet.

POPPER sah von den Kapseln der Lymphdrüsen aus marklose Nervenfasern in die Innere der Drüse dringen, wo sie ein dichtes Netzwerk bilden, dessen Aeste hier und da mit zelligen Elementen in Verbindung treten sollen; er behauptet auch das Vorkommen Ganglienzellen-ähnlicher Zellen mit grossem Kern und Fortsätzen.

### Zusammensetzung des Chylus und der Lymphe.

Die Lymphe lässt eine farblose Flüssigkeit und beigemischte, farblose kernhaltige Zellen unterscheiden, welche mit denen im Inhalte der Lymphdrüsen identisch sind und ebenso mit den später zu besprechenden weissen Blutkörperchen (Fig. 88). Ueberdies zeigt das Mikroskop feine Fettpartikelchen und Kerne. Die Lymphflüssigkeit: Lymphplasma gerinnt wie das Blutplasma spontan und scheidet Faserstoff aus, enthält also die Fibrinogenatoren A. SCHMIDT's (S. 397), fibrinoplastische Substanz in geringerer Menge als das Blut.

Fig. 88.



Elemente des Chylus. *a* Durch theilweise Zusammenziehungen sternförmig gewordene Lymphkörperchen, *b* freie Kerne, *c* ein solcher von einigen Körnchen umgeben, *d*, *e* kleine Lymphzellen, die eine mit deutlichem Kerne, *f*, *g* grössere Zellen, eine mit sichtbarem Kerne. *h* eine solche nach Zusatz von wenig Wasser, *i* Essigsäure.

Zusatz von Blut beschleunigt die Fibrinabscheidung. Mit Ausnahme des Blutfarbstoffes finden sich in der Lymphe überhaupt alle chemischen Bestandtheile des Blutes, und wie es scheint, zu Theil in ähnlicher Mischung wie dort: verschiedene Eiweissstoffe (in geringerer Menge als im Blut), Fett, die als feinste Körnchen sichtbar werden können, Zucker, die Blutsalze, Wasser, unter den Extraktivstoffen ist Harnstoff nachgewiesen worden. Der Chylus aus dem Ductus thoracicus verdauender Thiere unterscheidet sich im Allgemeinen chemisch von der Lymphe hauptsächlich durch seinen Reichtum an suspendirtem Fett während der Verdauung fetthaltiger Nahrung; er enthält ebenfalls Harnstoff. Unter dem Mikroskope zeigt er, wie schon erwähnt, je nach Masse molekuläres Fett hier und da nach Stehen untermischt mit grösseren Fetttröpfchen, das Fett gibt ihm seine Undurchsichtigkeit und weisse Farbe.

Bei Thieren (Hunden) wird er beim längeren Stehen an der Luft etwas röthlich gefärbt, was von rothen Blutkörperchen herrührt, die sich ihm fast immer bei

gemischt finden, und die von Manchen wenigstens bei Thieren für keinen anormalen Bestandtheil gehalten werden. Sie werden, da sie leichter sind als die weissen Körperchen, an der Oberfläche des Chyluskuchens beim Stehen aufgehäuft, dieser röthet sich dadurch.

Der Chylus lässt seine Abstammung aus den verdauten Nahrungsstoffen in gewissen Verschiedenheiten je nach der Nahrungsweise noch erkennen. Nach fettfreier Nahrung ist der Chylus durchsichtig wie Lymphe, wie diese durch die beigemischten Zellen nur leicht opalescirend, ebenso im nüchternen Zustand, wo man ihn als Darmlymphe bezeichnet. Die Fette des Chylus zeigen je nach dem aufgenommenen Fett Verschiedenheiten, sie sind flüssig oder leicht erstarrend, je nachdem flüssiges oder festes Fett aufgenommen wurde. Jedes der feinen Fettstäubchen soll mit einer Eiweisschülle umgeben sein. Auch seifenartige Verbindungen, aus der Fettzersetzung im Darm durch das Pankreassekret stammend, können nachgewiesen werden. Ebenso zeigt ein Theil der Albuminstoffe des Chylus noch die Eigenschaften der Peptone, ein anderer weit grösserer Theil zeigt sich als Serumweiß, wie dieses im Blut sich findet, ein anderer Theil lässt sich durch Essigsäure fällen, als Albuminat, ein vierter, sehr geringer, schon durch Kohlensäure: Globulin. Die Fibrinausscheidung wurde schon erwähnt. Zucker — Traubenzucker — ist im Chylus nicht immer vorhanden; er findet sich besonders nach zucker- oder stärkereicher Kost, wodurch seine Aufnahme in den Chylus aus dem Darmlumen bewiesen wird. Der Zuckergehalt kann zwischen 1—2 % betragen. Nach Stärkefütterung fand LEHMANN im Chylus milchsäure Salze.

Das Vorkommen von Harnstoff in dem Chylus, das WURTZ entdeckte, ist insofern interessant, da daraus hervorgeht, dass wenigstens ein Theil des Harnstoffs, der aus der Nahrung stammend den Organismus verlässt, schon im Darm und in seinen Geweben, wahrscheinlich in den Lymphdrüsen, gebildet wird. Im Chylus von Rindern fanden sich etwa 0,2 pr. mill. Harnstoff (0,492 und 0,489). Daraus, dass in der Halslymphe 0,243 Harnstoff gefunden wurde, darf nicht gefolgert werden, dass er in der Lymphe in grösserer Menge vorhanden sei, wenn man die Versuchsschwierigkeiten bei einer quantitativen Harnstoffbestimmung in eiweissartigen Flüssigkeiten bedenkt. Die mit den jetzigen quantitativ ungenauen Beobachtungsmethoden in verschiedenen Blutarten gefundenen quantitativen Schwankungen im Harnstoffgehalt können ebensowenig in vergleichender Richtung verwerthet werden (Cap. VIII. Harnstoff in der Leber u. a. a. O.). Bei einem Widder fanden sich im Blute 0,2 pr. mill. im Chylus: 0,28 Harnstoff.

Die chemische Zusammensetzung der Lymphdrüsen ist so gut wie unbekannt. GORUP-BESANEZ gibt in den Lymphdrüsen von Thieren und Menschen Leucin (FREY und STÄDELER) und Xanthin ähnliche Körper als Bestandtheile an. OBTMANN fand in der Inguinaldrüse einer alten Frau: Wasser 71,5 %, feste Stoffe 28,5 %, davon Salze 1,2 %. Geben diese Thatsachen keine Anhaltspunkte, um auf die Stoffvorgänge in den Lymphdrüsen Schlüsse zu gestatten, auch nicht für die aufgetretene Annahme, dass die Lymphdrüsen Hauptstätten der Harnstoffbildung seien, analog wie für die Milz nachgewiesen wurde, dass in ihr die Harnsäure der Hauptmasse nach entstehe (H. RANKE). Ueber den Harnstoffgehalt der Organe cf. unten bei Harnstoff.)

Als Beispiel der quantitativen Zusammensetzung mag die Analyse des Chylus eines Hingerichteten nach OWEN REES dienen: Wasser 90,5 %, feste Stoffe 9,5. Davon Faserstoff Spur, Albumin 7,4, Fette 0,9, Extraktivstoffe 2,0, Salze 0,4.

Die Zusammensetzung der anorganischen Stoffe ist sehr bemerkenswerth. Es findet sich



darin ein Gehalt an Eisen, welches wahrscheinlich von dem Haemoglobin beigemischter rothe Blutkörperchen stammt. Die Hauptmasse besteht aber aus Kochsalz, gegen welches alle anderen Bestandtheile sehr zurücktreten. Nach den Bestimmungen von C. SCHMIDT am Chylus von Pferden waren enthalten in 1000 Gramm Chylus: Chlornatrium 5,84, Natron 1,17, Kali 0,16, Schwefelsäure 0,05, an Alkalien gebundene Phosphorsäure 0,05, phosphorsaurer Kalk 0,01, phosphorsaure Magnesia 0,05, Eisen 0,004. Die Trennung der Analyse in Serum und Chyluskuchen zeigt, dass im Verhältniss in letzterem, der die Chyluskörperchen oder Zellen enthält, das Kali etwas überwiegt, es findet sich aber Kali auch in dem Serum, in 1000 Serum 0,44, in 1000 Kuchen 0,70. Doch ist die Kalimenge überhaupt so gering, dass daraus ein wichtiger Unterschied zwischen dem Chylus und dem Blut erwächst, den wir erst in der Folge werden würdigen können.

Alle diese Bestimmungen werden einen höheren Werth erhalten, wenn vergleichende Beobachtungen über die in der Nahrung enthaltenen Salze und die im Chylus sich findenden vorhanden sein werden. Es kann jetzt immer noch scheinen, als wäre der Hauptgrund der eigenthümlichen Salzvertheilung in dem Chylus nur in der Salzzufuhr zu suchen. Ein vergleichender Blick auf die Zusammensetzung der Lymphasche, welche weniger diesem Verdachte unterliegt, zeigt aber doch, dass wir es hier wahrscheinlich auch mit einer Mischung aus inneren Gründen zu thun haben, da sonst die sich zeigende unverkennbare Uebereinstimmung beider nicht erklärlich wäre. C. SCHMIDT fand in der Asche der Lymphe aus dem rechten Halslymphstamme eines jungen Pferdes: 1000 Lymphe enthielten: Chlornatrium 5,67, Natron 1,27, Kali 0,16, Schwefelsäure 0,09, an Alkalien gebundene Phosphorsäure 0,02, phosphorsaure Erden 0,26. In dem Kuchen, der die Lymphkörperchen einschliesst, überwiegen relativ die Kalisalze über die Natronsalze bedeutender, als das bei dem Chylus der Fall war, umgekehrt ist es im Lymphserum. In 1000 Serum sind 0,44 Kali, in 1000 Kuchen 1,07 Kali. Ebenso ist es mit der Phosphorsäure. NASSE fand in der Pferdelymphe kohlen-saures Alkali 0,06%, DÄHNHARDT auch in der Lymphe vom Menschen.

Ueber die Verschiedenheiten der Zusammensetzungen der Lymphe in verschiedenen physiologischen Zuständen ist noch wenig erforscht. Die Untersuchungen von C. SCHMIDT lassen aber die Lymphe in so vollkommener Weise in chemischer Abhängigkeit von dem Blute erscheinen, dass es mehr als wahrscheinlich ist, dass sich auch bei ihr vor Allem die verschiedenen Ernährungszustände von grosser Bedeutung zeigen werden, die wir bei dem Blute die Zusammensetzung bestimmen sehen. NASSE fand in zahlreichen Untersuchungen die Lymphe des Hundes bei vegetabilischer Nahrung weniger seriger als bei Fleischnahrung, Hunger zeigte nur wenig Einfluss auf die chemische Zusammensetzung. Es wäre falsch, die Lymphe als ein einfaches Transsudat aus dem Blute zu sehen zu wollen. Schon der hohe Zuckergehalt zeichnet die Lymphe vor dem Blute aus und lässt sie als einen eigentlichen Gewebssaft erscheinen. Der Zucker ist ein konstanter Lympbestandtheil und findet sich nicht nur in der Lymphe der Leber z. B., sondern auch in der Halslymphe, zum Beweise, dass ihr auch andere Gewebe (Muskeln) beständig Zucker beimischen. Nach POISEVILLE und LEFRONT war während der Verdauung an Zucker pro mille

	im arteriellen Blute:	im Inhalte des Duct. thor.:	in der Halslymphe:
bei einem Hunde Spuren		1,09	1,66
- - Pferde 0,69		2,20	1,42

Nach dem Hungern soll die Lymphe wasserärmer (NASSE, KRAUSE, sein als nach Nahrungsaufnahme, nach GRELIN auch albuminreicher. Nach dem Durchgang durch die Lymphdrüsen fand GRELIN die Lymphe ebenfalls procentisch etwas reicher an Albumin.

**Die Menge der Lymphe.** — Nach BIDDER beträgt die täglich gebildete Chylusmenge etwa  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$  des Körpergewichts. LUDWIG und KRAUSE berechnen für die Lymphmenge die enorme Grösse von  $\frac{1}{4}$ — $\frac{2}{3}$  des Körpergewichts. LESSER erhielt aus dem Ductus thoracicus eines narkotisirten (curarisirten) Hundes bis 1,2<sup>cc</sup> in der Minute. Es beweisen diese Zahlen, wenn nicht mehr, doch so viel, dass es ein gewaltiger Saftstrom ist, welcher im intermediären



auf den Organismus von Zelle zu Zelle durchfliesst und den Stoffverkehr zum grossen esorgt. Andere Forscher erhielten jedoch auch weit niedrigere Werthe für die nenge. **EMMINGHAUS** fand, dass in der Haut und ihrem Fettpolster normal nur t wenig Lymphe erzeugt wird, die Absonderung tritt erst in grösserer Menge auf, er Venenblutabfluss oder »das elastische Gleichgewicht der Gewebsthelle zu einander« wird. Die Lymphmenge ist nach **NASSE** von der Nahrung abhängig, am ten ist sie bei Hunger, am reichlichsten bei Fleischnahrung.

**lymphgefässfisteln.** — Aus zufällig entstandenen Lymphgefässfisteln und Lymphge- iden hat man Lymphe vom Menschen in grosser Quantität zur Untersuchung gewonnen. ultate geben, da sie sich nicht auf bekannte physiologische Zustände beziehen, nur efähres Bild der Stoffmischung, die sich hier überhaupt finden kann. Beispielsweise hier Analysen von Lymphe einer gesunden 39jährigen Frau, aus einer Lymphgefäss- am Oberschenkel gewonnen, es flossen im Tage bis gegen 3000 Gramm ab, nach und **QUÉVENNE** (I und II), sowie eine Analyse von **HENSEN** und **DÄNHARDT** (III):

	I.	II.	III.
Wasser . . . . .	939,87	934,77	987,7
feste Stoffe . . . . .	60,18	65,28	12,3
Faserstoff . . . . .	0,36	0,63	2,6
Serumalbumin, Globulinsubstanz	42,75	42,80	
Fett, Cholesterin, Lecithin. . .	3,82	9,20	0,03
Extraktivstoffe . . . . .	5,70	4,40	1,28
Salze . . . . .	7,30	8,20	8,38

A s c h e von III enthielt:

lösliche Salze:	unlösliche Salze:
Na Cl. . . . . 6,148	Ca O . . . . . 0,132
Na <sub>2</sub> O . . . . . 0,573	Mg O . . . . . 0,011
Ka <sub>2</sub> O . . . . . 0,496	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 0,006
CO <sub>2</sub> . . . . . 0,638	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . 0,118
S O <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> etc.. 0,221	CO <sub>2</sub> . . . . . 0,013
N H <sub>3</sub> . . . . . 0,16)	Mg C O <sub>3</sub> etc. . . . 0,021

derartigen Fisteln wird es unschwer möglich sein, den Einfluss verschiedener Nah- und anderer physiologischer Bedingungen experimentell zu untersuchen. Die vor- len Untersuchungen zeigen, dass der Fettgehalt der Fistellymphe nicht unbedrächliche kungen bei demselben Individuum erkennen lässt; es wird das wahrscheinlich aus der edenen Ernährungsweise sich erklären lassen. Die Chemie der Lymphe ist ein Capitel, der Untersuchung noch ein reiches Feld der Thätigkeit darbieten würde.

**e Gase der Lymphe.** — **HENSEN** und **DÄNHARDT** fanden durch Kochen austreibbare säure in der Menschenlymphe, die in der Lymphe an Natronphosphat gebunden war. **STEN** konnte ausser geringen Stickstoffmengen in der Hundelymphe nur Kohlensäure nachweisen. **S. Tschimew** fand den Kohlensäuregehalt der Lymphe erstickter Thiere r als den des gesammten Blutes und Serums.

**irvineinfluss auf die Lymphabsonderung.** — Muskelbewegungen und Muskel- e beschleunigen den Ausfluss aus Chylus- und Lymphfisteln zunächst durch die me- the Pressung auf die gefüllten Gefässe (S. 383). **GOLTZ** sah die Lymphbewegung inem Einfluss von Seiten der nervösen Centralorgane stehen (S. 383). **NASSE** konnte yphmenge durch Reizung der Gefässnerven beeinflussen.  
in bezeichnet vor Allem die Bewegung der Lymphe und der übrigen Gewebssäfte, so- e nicht in den Bahnen der Blutgefässe, sondern durch die Zellen etc. der Gewebe statt- als intermediären Säftekreislauf. Aus den kapillaren Blutgefässen treten er-

nährende Flüssigkeiten aus, welche nach Durchtränkung der Gewebe als Lymphe wieder den Blutstrom übergeführt werden. Die grosse Menge der Lymphe (etwa gleich der Blutmenge zu welcher noch die Darmlymphe (Chylus) mit den von aussen zugeführten und von den Verdauungsdrüsen so massenhaft ergossenen Flüssigkeiten kommt und die Gesamtmenge der Lymphe, je nach der Ernährungsweise wesentlichst beeinflusst, gibt uns ein Bild von dem mächtigen Strom von Ernährungsflüssigkeit, der beständig die Gewebe badet. Die Menge der Flüssigkeit, die dem Gewebe zugeführt wird, ist zunächst abhängig von der Menge des strömenden Blutes.

**Zur historischen Entwicklung der Lehre von der Lymphe und Lymphsaugung.** — Im Jahre 1622 wurden die Lymphgefässe von CASPAR ASELLI entdeckt. Man nannte sie Vasa absorbentia, Saugadern, da man ihnen die Aufsaugung, welche man vorher den Blutgefässen, vor Allem den Kapillaren zugetheilt hatte, allein zuschreiben zu müssen glaubte. Allgemeine Beobachtungen über die Lymphe wurden schon von SÖMMERING gemacht: SÖMMERING entdeckte den Faserstoff der Lymphe. Aus dem Jahre 1799 stammen die ersten analytischen Untersuchungen von REUSS und EMMERT. Sie erkannten die Lymphkugeln, die in einer sonst gleichartigen Flüssigkeit aufgeschlemmt seien. Im Jahre 1825 untersuchte LASSAIGNE Lymphe aus den Lymphgefässen am Halse von Pferden. Eine eingehendere, vor Allem qualitativ wichtige Untersuchung fand die Lymphe von TIEDEMANN und GMELIN. Im Jahre 1834 wurde in Bonn, im Jahre 1838 in Halle eine Lymphfistel beobachtet; letztere wurde von MARCHAND und COLBERG zu genaueren Analysen benützt, wodurch zu den schon erkannten Stoffen (Eiweiss, Kochsalz, Chlorkalium, phosphorsaurer Kalk) noch Fett, kohlensaures und milchsaures Alkali, schwefelsaure Kalkerde und Eisenoxyd hinzugefügt wurden. Aus dem Jahre 1832 sind die Untersuchungen von J. MÜLLER über die Chylus- und Lymphkörperchen, an welche sich vor Allem die von C. H. SCHULTZ 1836, die von BIER 1838 anschliessen. Auch die Untersuchungen von R. WAGNER und H. NASSE sind zu nennen. TIEDEMANN und GMELIN haben, wie es scheint, die Fettkörnchen im Chylus und ihre Beeinflussung der Farbe desselben zuerst erkannt.

**Endosmose.** — Eine sehr vollkommene Auseinandersetzung der physikalischen Verhältnisse der Absorption durch Lymphgefässe und Blutgefässe gab BERZELIUS (Thierchemie 1828). Das Phänomen der Endosmose wurde im Jahre 1846 von PORRET entdeckt, zunächst gemessen mit derjenigen Flüssigkeitsbewegung durch electriche Ströme, die man jetzt das PORRET'sche Phänomen nennt. DUTROCHET hat dem Vorgang die Bezeichnung Endosmose und Exosmose beigelegt und die Aufmerksamkeit auf seinen Einfluss bei den Processen der lebenden Organismen gelenkt. POISSON hat eine mathematische Erklärung gegeben, welche die älteren Ansichten von G. MAGNUS bestätigte.

### Die Bewegung der Lymphe in den Lymphgefässen

geht nur langsam und unter einem weit geringeren Druck als in den Blutgefässen vor sich (NOLL); es sind die Widerstände in den Lymphdrüsen, welche die Strömungsgeschwindigkeit so sehr beeinträchtigen. Die Kräfte, welche die Lymphbewegung erzeugen, sind zum Theil dieselben, welche wir bald als die Bewegungskräfte des Venenblutes wiederfinden werden. Vor Allem ist zu nennen die durch die Athmungsorgane und ihre Thätigkeit entstehende Aspiration des Thorax, welche auf die Lymphbewegung von Einfluss ist, da die Einmündungsstelle der Lymphstämme in das Venensystem und der grösste Theil des Ductus thoracicus in dem Brustraume sich befinden. Die reichliche Anwesenheit der Klappen macht jeden äussern Druck, ausgeübt auf die Lymphgefässe, zu einer Fortbewegungsursache für ihren Inhalt, da ein Rückfluss

einmal vorwärts weggepressten Lymphe durch die sich entgegensetzenden Appen verhindern wird, derselbe Grund hindert von vornherein ein Rückwärtspressen, mag der Druck stattfinden, wie und wo er will. So reichen schon die Zusammenziehungen der die Lymphgefäße umlagernden Körpermuskeln aus, um die Lymphe und den Chylus (ebenso wie das Venenblut) vorwärts, der Mündungsstelle in die Bluthahn zu. zu pressen, man hat das experimentell bewiesen. Doch scheint aus den neuen Untersuchungen aus dem LUDWIG'schen Laboratorium mit Sicherheit hervorzugehen, dass die Muskelbewegung nicht für einen schnelleren Lymphabfluss aus den Reservoirs derselben, sondern auch eine reichlichere Lymphbildung in den Muskeln selbst zur Folge hat (s. unten). Der Saugmechanismus am Anfange der Chylusgefäße in den Zotten wird dadurch, dass er aus den Anfängen den Inhalt in die weiteren Gefäße presst und den vorher dort befindlichen also fortschieben muss, eine Gesamtbewegungsursache. Ein eigentliches Centralbewegungsorgan für die Lymphe, wie es das Blut im Herzen besitzt, fehlt bei dem Menschen und bei den meisten Thieren. GOLTZ hat einen von den nervösen Centralorganen ausgehenden Einfluss auf die Lymphbewegung und -Aufsaugung aufgefunden (s. p. XXVI).

LUDWIG hat mit GENERICH und SCHWEIGGER-SEIDEL nachgewiesen, dass die Sehnen und Fasern der Skelettmuskeln sich an der Aufnahme der Lymphe aus dem Muskelgewebe wesentlich betheiligen. S. 375 wurde auf die Entdeckung v. RECKLINGHAUSEN's hingewiesen, dass in dem Centrum tendineum des Zwerchfells offene Mündungen: Stomata sich finden, welche die Lymphe mit ihren Körperchen aktiv einsaugen. Analoge, nur sehr viel engere Öffnungen scheinen auch in den übrigen Fascien zu liegen, es gelingt nicht, Körnchen zum Eintritt in die reichen Lymphgefäße dieser Organe zu veranlassen. Durch rhythmisches Anspannen und Erschlaffen der Aponeurosen saugen sich ihre Lymphgefäße mit Flüssigkeiten an. Da bei jeder Muskelaktion ein solcher Wechsel zwischen Anspannen und Erschlaffen der Aponeurosen stattfindet, so wirken dann diese Organe wie Saugpumpen auf die Muskelgewebsflüssigkeit (Lymphe), wobei bei aktiven und passiven Bewegungen der Muskeln sehr viel reichlicher, als in der Ruhe die Lymphgefäße eingepumpt wird. Unter grössere Fascien z. B. F. lata eingespritzte Lösungen werden durch dauernde passive Bewegungen bis in den Ductus thoracicus gepumpt. Im Muskel selbst sind die Lymphgefäße sehr wenig zahlreich. Die rhythmische, von der Peripherie ausgehende Stämme fortschreitende Contraction der kleinen Lymphgefäße, die HELLER bei Schweinchen fand, wirkt in demselben Sinne. BRÜCKE hat in den Lymphdrüsen Zusammenziehungen beobachtet.

Geschwindigkeit der Resorption und des intermediären Kreislaufs. — TAMARA und HOUGHTON injicirten in eine (vorher entleerte) Hydrocele Jodtinktur und konnten schon nach 4—5 Minuten Jod im Harn nachweisen.

**Ärztliche Bemerkungen.** — Die Menge der in dem Gewebe in einem gegebenen Moment befindlichen Flüssigkeit (Lymphe) nimmt zu mit der Behinderung des Abflusses in den Venen und Lymphgefäßen. Dadurch regulirt sich die Höhe der Spannung des Gewebes: Gewebsspannung, Turgor. Die Lymphgefäße müssen nach dem Gesagten als Hauptregulatoren des Gewebsturgors aufgefasst werden. Sind die Regulatoren in ihrem Gange behindert, so entsteht Oedem, der Zustand krankhafter gesteigerter Gewebsspannung. Die Flüssigkeit, welche zu Lymphe wird, tritt aus den Kapillarwandungen zunächst in die Gewebslücken, die Anfänge der Lymphgefäße, und in die Lymphkapillaren ein. In den Blutkapillaren herrscht ein höherer Druck als in den Lymphkapillaren, dieser Druckunterschied ruft, wenn die Gefässwände für Filtration durchgängig sind, ein Überpressen von Flüssigkeit aus dem Blutserum in die Lymphgefäße hervor. Die Durchlässigkeit der aus Zellenprotoplasma bestehenden Gefässwände ist aber unter verschiedenen Um-

ständen sehr verschieden. Es sind neben der Erweiterung der normalen Stomata der Gefässwände (S. 373) chemische Umgestaltungen des Protoplasmas, welche hier wirksam werden ebenso wie bei den S. 433 beschriebenen Filtrations- und Imbibitionsversuchen: Bei Beeinträchtigung der Lebensenergie der Gefässwände steigt ihre Durchlässigkeit. So erklären sich die Beobachtungen CONNEXIN's über den Einfluss, welcher Stauung des Blutes durch Behinderung des venösen Abflusses im Kapillarsystem auf die Durchlässigkeit der Gefässwände für weisse Blutzellen äussern, die bald leicht bald gar nicht hindurchgehen. Ebenso die Versuche RANVIER's, welche durch kapilläre Stauung oder Verlangsamung des kapillären Abflusses (durch Verengerung der Vena cava) mit gleichzeitiger Steigerung des arteriellen Blutzuflusses (durch Durchschneidung der Gefässnerven) Oedem der unteren Gliedmassen erzeugte. TOMSA und NASSE d. Aelt. sahen den Lymphstrom zunehmen bei Venenunterbindung oder Venenverengerung. Hier haben wir überall die Wirkung verstärkter Venösität des Blutes, welches das Kapillarprotoplasma umströmt, seine Lebensenergie herabsetzt und dadurch den Flüssigkeitsdurchtritt steigert. In analogem Sinn ergibt sich die Steigerung der Lymphbildung bei mit Curare vergifteten Thieren (PASCHUTIN u. a. und z. Thl. bei der Muskelreizung).

Ehe man auf die Verschiedenheiten aufmerksam wurde, welche die Durchlässigkeit der Kapillarwände je nach ihrer Lebensenergie zeigen, glaubte man, dass für die Lymphe die Druckhöhe im Blutkapillarsystem die Hauptbedingung sei. Die Versuche ergaben, dass mit Steigerung des Drucks im Blutkapillarsystem auch eine gesteigerte Lymphbildung erfolgt, aber diese Steigerung kann bei unversehrter Lebensenergie der Kapillarwände, wobei eine minimale Lymphbildung eintritt, nur undeutlich zur Beobachtung kommen; ist aber einmal durch Störung in der Lebensenergie der Kapillarzellen die Filtration in erhöhtem Masse eingeleitet, so ist die Wirkung des gesteigerten arteriellen Drucks sehr auffallend und konstant. So konnte PASCHUTIN bei unvergifteten Thieren keinen oder wenigstens keinen konstanten Einfluss der Steigerung des Blutdrucks auf die Lymphmenge nachweisen, während curaresirten Thieren Steigerung des Blutdrucks (durch Erwärmen des Gesamttthiers) die Lymphmenge deutlich ansteigen liess.

NASSE d. Aelt. sah nach Aderlassen (bei unvergifteten Thieren), nach Injection von verdünnter Kochsalzlösung in die Gefässe die Lymphmenge steigen. PASCHUTIN sah mit der Dauer des Versuchs die Lymphmenge im Allgemeinen sinken, die festen Stoffe der Lymphe aber zunehmen.

**Pathologische Transsudate.** — Chemisch ist die Oedemflüssigkeit, Gewebswasser, von der eigentlichen Lymphe wesentlich verschieden. Erstere zeichnet sich durch ihren hohen Wassergehalt aus. Eiweissstoffe enthält sie oft nur in geringsten Spuren. Regelmässig zeigen sich in den wahren Oedemflüssigkeiten und pleuritischen serösen Ergüssen reducirende Substanzen, Zucker; die Zuckermenge schwankt bei entzündlichen Exsudaten nach C. BOCK von 0,06—0,20%. C. SCHMIDT untersuchte mehrfach pathologische Transsudate von einem und demselben Individuum in den verschiedenen serösen Höhlen und im Bindegewebe, mit übereinstimmenden Resultaten. Wir geben eine seiner Versuchsreihen: 100 Gramm Flüssigkeit enthielten:

	Pleura:	Peritoneum:	Hirnhöhle:	Oedem der Extremitäten:
Feste Stoffe:	36,05	21,09	16,46	11,30
Davon Salze:	7,55	9,77	8,48	7,70

Die Transsudate aus den verschiedenen Kapillarbezirken ordnen sich nach SCHMIDT stets der aus der obigen hier ersichtlichen Reihe: am ärmsten an organischen Stoffen — Differenz zwischen Salzen und festen Stoffen — ist die Oedemflüssigkeit der Extremitäten, am reichsten das Transsudat der Pleura, während die Mengen der anorganischen Salze sehr geringe Schwankungen erkennen lassen.

**Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie.** — Im Froschlarvenschwanz sollen die feinen Lymphcanäle durch Zellenverschmelzung entstehen (KÖLLER).

hat man die pathologische Neubildung von Lymphgefässen beobachtet. Aus dem Auftreten von weissen Blutkörperchen im Blute des Embryo will man auf eine frühzeitige Bildung der Lymphonelemente schliessen. Nach REMAK gehen die ersten Lymphzellen aus den Zellen ihrer Gefässanlagen hervor, analog wie die ersten Blutkörperchen aus den Zellen ihrer Gefässe. Die Entstehung der Lymphdrüsen ist noch zu wenig erforscht, als auf die vorliegenden Angaben eingegangen werden könnte. Nach ENGEL gehen sie aus den Mesenterialdrüsen hervor. Die Lymphdrüsen sind erst um die Mitte der Fötalzeit (KÖLLIKER) deutlich.

Entwicklung der Lymphgefässe und ihrer Drüsen im Thierreiche scheint überhaupt mit der weiteren Ausbildung des Körpers verknüpft zu sein; entsprechend ihrem späteren Auftreten im Embryonalleben sollen sie bei Amphioxus fehlen. Peripherisch bilden die Lymphgefässe durch reichliche Anastomosen eine Art von Kapillarsystem, daraus gehen allmählig weisse Canäle, entweder Canäle oder unregelmässig abgegrenzte Sinuse, hervor, an deren Stelle in den höheren Abtheilungen Gefässe treten, die im Bau mit den Venen verwandt sind (KÖLLIKER). In der Nähe der Einmündung in Venen zeigen bei manchen Thieren die Lymphgefässe beträchtliche Erweiterungen, deren Wand, durch einen Muskelbeleg ausgekleidet, rhythmische Contractionen ausführt: **Lymphherzen**. In einzelnen Fällen wurden Contractionen am Caudalsinus von Fischen beobachtet. Bei den Reptilien, dann bei dem Kaiman und dem Casuar und einigen Schwimmvögeln finden sich (1 oder 2) hintere Lymphherzen. Bei Fröschen sind sie sowohl an den hinteren als vorderen Mündungsstellen vorhanden. Die vorderen lagern auf den Querfortsätzen des dritten Wirbels, die hinteren hinter den Lungen. Der Herzraum ist bei Vögeln mit Muskelbalken und bindegewebigen Strängen durchsetzt. Die Fasern sind quergestreift. An allen wahren Lymphherzen besteht ein Klapprath. Nach Einigen sollen die nervösen Centralorgane der Bewegung der Lymphherzen in der Rückenmark, nach Anderen in der Herzsubstanz selbst liegen, wahrscheinlich liegen an beiden Orten.

Beispiele der Zusammensetzung der Lymphe von Thieren mögen folgende Analysen nach Beobachtungen von NASSE am Hunde und C. SCHMIDT am Pferde (Füllen):

	II Hund:			
	I Pferd:	a) bei Hunger:	b) bei Fleischnahrung:	c) bei vegetabilischer Kost:
Wasser . . . . .	955,36	954,68	953,70	958,20
Proteine . . . . .	44,64	45,32	46,30	41,70
<hr/>				
Freies Fibrin . . .	2,18	0,39	0,72	0,45
Minerale Salze . . .	7,47	NaCl: 6,72	6,50	6,77
Organischen Salze zu I bestanden aus NaCl: 5,67; Na <sub>2</sub> O: 1,27; K <sub>2</sub> O: 0,16; SO <sub>3</sub> : 0,09; Alkalien gebunden: 0,02; Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> : 0,26 (v. GORUP-BESANZ).				

## **II. Das Blut.**

### **Zehntes Capitel.**

#### **Das Blut und die Blutdrüsen.**

##### **Allgemeine Functionen des Blutes.**

Die Aufgaben, welche das Blut als Flüssigkeit im Organismus zu erfüllen hat, sind wesentlich zweierlei Art. Es hat einerseits den Organen die Stoffe liefern, welche diese zu ihrer Thätigkeit bedürfen, also die innere Organernährung zu besorgen. Die Thätigkeit aller Organe beruht im Wesentlichen auf dem regelmässigen Fortgang von organischen Oxydationsvorgängen. Das Blut führt, um das Organleben zu erhalten, den Organen nicht nur das oxydierbare Material, sondern auch den oxydirenden Sauerstoff zu, der in gewissem Sinne auch als ein Nahrungsstoff und zwar als der wichtigste aufgefasst werden kann. Neben diesen Ernährungsleistungen des Blutes, die sich im Allgemeinen als eine Stoffzufuhr zu den Organen kennzeichnen, fällt dem Blut die zweite Hauptaufgabe zu, die in den Organen unbrauchbar gewordenen oder unverbraucht austretenden Stoffe aus diesen wieder aufzunehmen. Letztere werden theilweise anderen Organen als Nahrungsstoffe zugeführt, soweit



Verkehr zwischen Gewebsflüssigkeit und Blut eintreten lassen und h dem durch das lebende Protoplasma in gesetzmässiger Weise um- n und bedingten Vorgang der Osmose und Filtration (S. 130). Da- ass das Blut sich beständig [durch Neuaufnahme von Stoffen aus dem wohl als aus den Geweben in seiner Concentration und Zusammen- verändert; dadurch, dass es gewisse Stoffreihen beständig wieder aus ert, behält es fortwährend die Fähigkeit, den osmotischen Verkehr Gewebsflüssigkeiten zu unterhalten. Es wird somit das kreisende Blut - Bewegungsursache für den mächtigen intermediären Säfte- on Zelle zu Zelle, der den Organismus in breitem Bette unablässig mt. Die beständige Veränderung des Blutes durch Stoffaufnahme und macht während des Lebens eine endliche Ausgleichung der Zusammen- n den beiden gegen einander diffundirenden Flüssigkeiten unmöglich, Iso hierin niemals ein Ruhezustand erfolgen kann. Die lebenden Organe ohne Blut den Dienst sehr bald vollkommen. Es rechtfertigt diese ung die hohe Meinung der Alten von dem Blute, das man als das he Lebensprincip ansah, ja das von Philosophen des griechischen Alter- CRITIAS in ARIST. de anim. L. I, c. 2) sogar geradezu als Seele be- wird. Wenden wir uns zu seiner näheren Betrachtung.

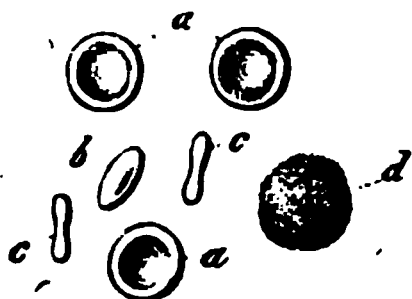
### Physikalische Analyse des Blutes.

lange das Blut in den Blutgefässen sich bewegt, besteht es aus einer i oder schwach hellgelblich gefärbten, etwas klebrigen Flüssigkeit: at plasma, Plasma sanguinis, von alkalischer Reaktion, — die durch en (Gerinnen) und Muskelaktion abnimmt (PFLÜGER, ZUNTZ, J. RANKE), — em Geschmack und eigenthümlichem Geruche und aus einer sehr be- en Anzahl in dieser Flüssigkeit schwimmender zelliger Elemente, welche, ssten Theile roth gefärbt, zum kleineren farblos, das Blut an die Gewebe ers anreihen: das Blut ist ein flüssiges Gewebe. Die beiden annten Zellformen werden als Blutkörperchen: Blutzellen — ula sanguinis — bezeichnet und als rothe und weisse Blutkör- n oder Blutzellen unterschieden. Sobald das Blut nicht mehr dem Ein- lebenden Gefässwand unterliegt (BRÜCKE), scheidet sich Faser- fibrin, aus dem Plasma aus und bildet ohne Volumsänderung das üssige Blut zu einer festweichen Masse: Cruor, Blutkuchen, um, wel- e Blutkörperchen in sich einschliesst. Nach kurzer Zeit beginnt der en sich zu contrahiren und presst eine helle, gelbliche Flüssigkeit: rum aus sich heraus, welches als Plasma ohne die Faserstoff bilden- fe zu betrachten ist. Die in dem Faserstoffgerinnsel eingeschlossenen lutkörperchen geben diesem seine gesättigt rothe Farbe. Bei manchen , z. B. beim Pferde, aber auch hier und da bei dem Menschen beson- ihrend gewisser entzündlicher Allgemeinkrankheiten tritt die Blut- ng nicht sofort ein. Die rothen Blutkörperchen, welche specifisch r sind als das Plasma, das im Durchschnitt ein specifisches Ge- on 1,027 besitzt (das spec. Gew. des Gesamthlutes beträgt im Mittel 55: nach WELCKER ist das specifische Gewicht der rothen Körperchen

= 1,105), erhalten Zeit, sich zu senken, so dass vor der Gerinnung blutkörperchenfreie obere Schicht auf dem Blute sich bildet, welche n Plasma besteht. Gerinnt nun solches Blut, so sitzt dem sonst rothen kuchen eine farblose oder weissgelbliche Schicht von grösserer oder gerer Dicke auf, welche nur aus Faserstoff, weissen Blutzellen und schlossenem Serum besteht, man hat sie, da sie in Beziehung zu den F dungskrankheiten zu stehen schien, als *Crusta phlogistica* beze Die Gerinnung des Faserstoffes geschieht in faserigen, netzförmigen welche, wenn der Gerinnungsvorgang ganz ruhig verlief, anfängli ganze Flüssigkeitsmenge in eine mehr oder weniger steife Gallerte v delt, obwohl die absolute Menge des aus dem Blute sich abschei Faserstoffes stets nur eine sehr geringe ist. Wird das Blut während des nens mit einem Stäbchen geschlagen, so scheidet sich der Faserstoff Stabe in zähen Fasern ab, die durch chemische Reinigung frei von den B theilen der Blutkörperchen und weiss erhalten werden können. Die B perchen bleiben in der Flüssigkeit: defibrinirtes Blut.

Die rothe Farbe des Blutes rührt allein von den rothen körperchen her. Sie sind beim Menschen mikroskopisch kleine ru

Fig. 89.



Blutzellen des Menschen; *a a* von oben, *b* halb, *c c* ganz von der Seite gesehen; *d* ein Lymphkörperchen.

Gebilde, biconcave Scheibchen (Fig. 89 *a* ohne Zellkern. Im Blute sind sie in so Zahl vorhanden, dass bei mikroskopisch trachtung fast das ganze Blut aus ihnen stehen scheint. VIERORDT zählte in 1 Cub meter Blut kräftiger Männer etwas über 5 rothe Blutkörperchen. Bei Frauen soll die schnittszahl im Mittel nur 4500000 be Rechnet man für den Erwachsenen als Ge Blutmenge 5 Kilogramm, so erhalten dies

250000 Millionen Blutkörperchen. Nach WELCKER kommen auf je 30 (S. 390) rothe im normalen Blute ein weisses Blutkörperchen, nur in venenblute findet sich eine viel bedeutendere Anzahl weisser Körper dort kommt ein weisses schon etwa auf je 70 rothe (cf. unten). Das eines rothen Blutkörperchens berechnet WELCKER zu 0,000000072217 millimeter; seine Oberfläche zu 0,000428 Quadratmillimeter. Die Ge oberfläche aller Blutkörperchen eines Menschen stellt sich WELCKER bei nur 4400<sup>cc</sup> Blut auf 2816 Quadratmeter, für 5000<sup>cc</sup> auf 3200 Q meter. Das Gewicht eines Blutkörperchens berechnet sich auf 0,0000 gramm.

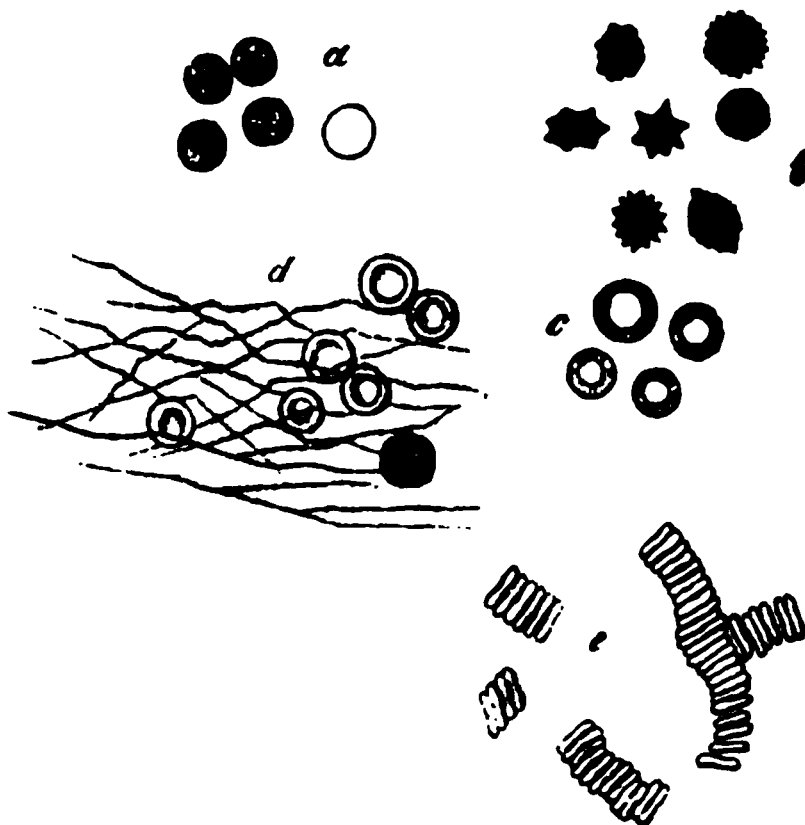
Die specifische Wärme des Blutes bestimmte A. GANGEY gl des Wassers im Mittel zu 1,02, während F. DAVY 0,812—0,934 gefunde wenn Wasser = 1 gesetzt ist.

Die Anzahl der rothen Blutkörperchen in einem bestimmten Volumen ist in verschiedenen Blutprovinzen des Körpers nicht die gleiche. Diese Schwankungen ze deutlich im venösen Blute, dagegen vermisst man sie im arteriellen. Auch nach seren oder geringeren physiologischen Thätigkeit der Organe finden sich solche Schw in ihrem Venenblut. Das Venenblut der Muskeln wird reicher an Blutkörperchen be contraction, das der Milz während der Verdauung, das der Darmvenen dagegen in

**MALASSEZ**, Vorgänge, welche sicherlich vor allem auf den constatirten gesteigerten Druck des Blutes in den verbrauchenden Organen zu beziehen sind.

Die runden rothen Blutkörperchen sind abgerundet, die beiden Flächen concav, so dass sie biconcaven optischen Linsengläsern ähneln. Die centrale Depression je nach der Einstellung des Mikroskopes bei der Betrachtung der Körperchen von oben entweder als ein heller oder ein dunkler mittlerer Fleck dar. Von der schmalen Seite erscheinen die rothen Blutkörperchen als kleine in der Mitte verschmälerte, stäbchenförmige Stäbchen. Wenn sie sich im gerinnenden Blute senken, so legen sie sich flache nähnlich mit der flachen Seite an einander. Wasserzusatz macht sie kugelig und endlich zerreißen, bei Verdunstung des Blutes oder durch Salzzusatz schrumpfen sie zusammen (Fig. 90). Unter dem Mikroskop scheint ihre Farbe gelbroth, erst wenn eine grössere Anzahl vorhanden sind, eine tiefgesättigte Farbe des Blutrothes. Auch das Blut auch in dünnen Schichten sichtbar. **KÖLLIKER** und **KOLLMANN** nehmen eine Membran der rothen Blutkörperchen an. **KOLLMANN** umschliesst letztere ein aus einem Netzwerk feiner, leicht löslicher Eiweissfäden bestehendes Stroma, in den Zwischenräumen das Hämoglobin sei. Nach **BRÜCKE**'s und **ROLLETT**'s jüngsten Untersuchungen sind die Blutkörperchen aus einem Stroma (Ökoid) und dem rothen Inhalt (Zoid) zusammengesetzt. Letzterer kann durch Wasser (Borax) durch Entladungs- und Inductionsstrom austreten aus dem Stroma gedrungen werden. Er färbt dann das Serum, und das Körperchenstroma bleibt ungefärbt zurück. Wenn dann rothgefärbte Serum ist durchsichtig; lackfarben und dabei dunkler. Die Blutkörperchen wirken, so lange sie noch biconcav sind, als kleine Hohlspiegel, die das Licht reflectiren; diese Reflexion weg, so wird die Blutfarbe dunkler, das Blut durchsichtig. Durch Contrahiren sich die Blutkörperchen, und die Reflexion wird stärker, die Blutfarbe dunkler (unter venöses Blut). Entgasung des Blutes, Behandeln mit gallensauren Salzen, kleinen Mengen Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff wirken wie Wasserzusatz. Durch Gefrierenlassen des Blutes. Die Gesamtkörperchen und das Stroma für sich haben eine auffallende Elasticität, die ihnen erlaubt, bedeutende Formveränderungen zu erleiden, diese wieder auszugleichen. Bei der Beobachtung des Blutkreislaufes unter dem Mikroskop sieht man sie sich mit Leichtigkeit durch Kapillaren hindurch zwängen, deren Leitung weit geringer ist als der Durchmesser der Blutkörperchen. **H. WELCKER** fand den Durchmesser der rothen menschlichen Blutkörperchen bei Männern im Mittel zu 0,0075 mm, ihre Dicke zu 0,0049 mm. Blut von weiblichen Personen gab etwas niedrigere Werthe. Die Grössenschwankungen sind sehr bedeutend, das Maximum beträgt: 0,0086, das Minimum 0,0064 und noch weniger. Alle zwischen den beiden Endwerthen liegenden Grössen sind in demselben Blute ziemlich gleichmässig vertreten. Bei dem eben genannten Durchgang werden die Körperchen vorübergehend elliptisch, stäbchenförmig. An vorderen Gewebskanten, an scharfen Theilungsstellen zweier Kapillargefässe kann man sie bleiben sehen, vom Blutstrom nach beiden Richtungen hin gezogen und gedehnt, so dass sie die Gestalt eines doppelten Zwerchsackes erhalten, indem ihr Mittelstück fast fadenförmig gezogen wird, während die beiden Enden keulenförmig anschwellen (cf. Blutkörperchen unter dem Mikroskop). Die Grösse der Blutkörperchen hängt c. p. von

Fig. 90.

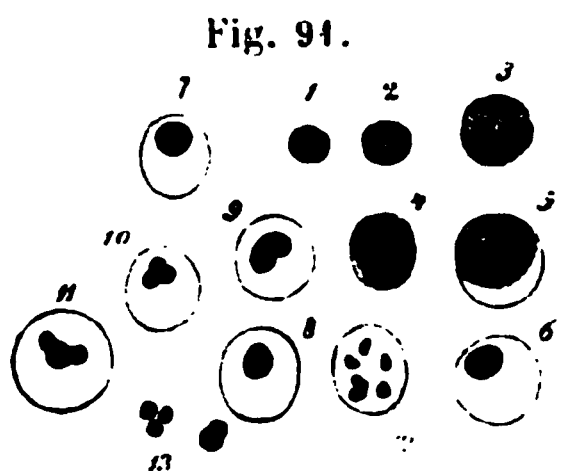


Menschliche Blutzellen a unter Wassereinwirkung; b in verdunstetem Blute; c aufgetrocknet; d in geronnenem Blute; e rollenartig an einander gelagert.

dem procentischen Wassergehalt des Blutes ab. Je wasserreicher das Blut ist, eine desto grössere Menge von Wasser wird in die Blutzellen imbibirt und macht diese bis zu einem gewissen Grade kugelig aufschwellen. Umgekehrt werden die Blutzellen kleiner durch grössere Blutconcentration. Es wird also mit der täglichen Veränderung der Blutmischung durch Nahrungsaufnahme die Gestalt der Körperchen wechseln müssen. HARTING fand die Blutzellen nach einer reichlichen Mahlzeit etwas kleiner. Auch nach andauernden Muskelkrämpfen, in Folge deren das Blut concentrirter wird, sah ich die Blutkörperchen im Froschblute an Grösse im Durchschnitt etwas abnehmen. Bei Hydrämie sind die wahren Blutkörperchen vergrössert. Sauerstoffeinwirkung vergrössert, Kohlensäure verkleinert die Blutkörperchen (MANASSEIN).

**Historische Bemerkung.** — SWAMMERDAM entdeckte im Froschblute 1665 die rothen Blutkörperchen, MALPIGHI 1661 beim Igel, LEEUWENHOEK beim Menschen 1673.

Ausser den farbigen findet das Mikroskop im Blute noch die schon namhaft gemachten weissen Blutzellen. Sie stimmen mit den Lymphzellen oder Lymphkörperchen überein. Es sind wie jene in der Ruhe und im Tode kugelige, amöboide, blasse, hüllenlose Zellen, ihre Grösse beträgt im Mittel 0,008—0,012 mm. Sie sehen feinkörnig aus mit unregelmässig körniger Oberfläche, der Kern scheint nur undeutlich durch. Hier und da finden sich in ihnen zwei oder selbst mehr Kerne, so dass sie an Eiterkörperchen erinnern (Fig. 89 und 91).



Zellen der Lymphe; bei 1—4 unverändert; bei 5 erscheint Kern und Schale; dasselbe bei 6, 7 und 8; bei 9 beginnt der Kern sich zu spalten, ebenso bei 10 und 11; bei 12 ist er in 6 Stücke zerfallen; bei 13 freie Kernmassen.

Durch Essigsäure werden die Kerne deutlich, indem sich das körnige Protoplasma auflöst. Neben solchen kleineren körnigen Zellen kommen auch etwas grössere mit sehr durchsichtigem Inhalte vor, meist mit mehreren Kernen. Die farblosen Zellen sind specifisch leichter als die farbigen. Während sich letztere im langsam gerinnenden Blute senken, schwimmen jene oben auf und werden in grosser Anzahl in die Speckhaut eingeschlossen. J. MOLESCHOTT fand nach zahlreichen Bestimmungen 1 farbloses Körperchen auf 357 farbige (S. 388). Andere geben sehr viel geringere Zahlen an 1 : 1000 — 1 : 1500. A. SCHUBERT findet, dass sich ihre Zahl nach der Herausnahme des Blutes aus der Ader rasch vermindert. Unter gewissen krankhaften Umständen finden sich diese Körperchen sehr vermehrt im Blute vor. In Leukämie kann sich auf 7—21 rothe Körperchen schon 1 weisses finden. Letztere zeigen bei Körpertemperatur lebhaft Bewegungen, indem sie Fortsätze aussenden und einziehen. RANVIER beobachtete direkt Theilung farbloser Blutkörperchen (am besten im Blut des Axolotl), welche unter lebhaften amöboiden Bewegungen vor sich ging, wobei sich der Kern passiv zu verhalten schien (Ueber Zwischenstufen zwischen rothen und weissen Zellen cf. unten.) Ausserdem finden sich noch kleine gelblich gefärbte Körperchen: Microcythen im frischen Blute, öfters in grosser Anzahl. Bei säugenden Thieren soll das Blut Fettkörnchen enthalten können, ebenso nach Aufnahme fettreicher Nahrung (HOPPE-SEYLER).

**Ueberwanderung weisser Blutkörperchen in die Lymphgefässe.** — Während man bisher nur die Einwanderung der weissen Blutzellen in das Blutgefässsystem mit d

man kannte, wurde zuerst von HENSE nachgewiesen und in der Folge von COMMEIN, ALLER, THOMA u. A. bestätigt, dass auch in umgekehrter Richtung aus dem Blutgefäss die weissen Blutkörperchen in die Lymphgefässe zurückwandern. Der Austritt aus Capillaren findet durch die »Stomata« derselben (ARNOLD u. A. S. 875) statt, und nach Überwindung der dazwischen liegenden Gewebe wandern die Körperchen in die Lymphgefässe ebenfalls durch Stomata ein, welche sich namentlich an den kleineren zahlreich nachweisen. In den Geweben nehmen die Zellen ihren Weg durch die Hohlräume des interstitiellen Saftstroms in der Hornhaut also (cf. diese) in Zickzacklinien, deren Winkel sich allmählich annähern. Als Bewegungsursache wirkt neben der amöboiden Bewegung der Zellen auch der Saftstrom der Gewebe mit.

**Vergleichende Anatomie und Physiologie.** — Die rothen Blutzellen der Säugethiere ähneln denen des Menschen, nur in der Grösse zeigen sich geringe Unterschiede. Die Blutzellen des Faulthiers, *Brachypus didactylus* und der Elefanten sind die grössten mit einem Durchmesser von 0,00926 mm, bei vielen anderen Säugern sind sie kleiner als beim Menschen, z. B. Pferd: 0,00546, Ziege 0,00359, die kleinsten hat *Moschus moschiferus* 0,00207 (GULLIVER). Die Wallfischblutkörperchen sind denen des Menschen im Durchmesser gleich. Die Grössenschwankung ist bei allen Thieren den rothen Blutkörperchen des Menschen vergleichbar.

Bei allen Thieren beobachteten etwa die rothen Blutkörperchen des Menschen. Die rothen Blutkörperchen des Menschen sind kugelförmig mit einem Durchmesser von 0,008 mm. Bei den Wirbelthierklassen ist die Form mit Kern die herrschende. Nur bei niederen Fischen, bei denen man findet sich die kreisförmige wieder, das Blut des *Xiphias lanceolatus* ist fadenförmig und erinnert an das Blut der gelben Thiere. Bei den Fischen ist das ovale Körperchen mit einem Längsdurchmesser von 0,0444 mm, der Querdurchmesser ist etwa die Hälfte. Breiter als bei den Vögeln sind die rothen Blutkörperchen der beschuppten Fische.

Bei nackten Amphibien sind die rothen Blutkörperchen (Rochen und Haie) sehr gross, bei Fröschen im Mittel 0,02479 mm lang. Bei den Reptilien steigt sich noch der Durchmesser, so dass man sie als feine Pünktchen mit dem Mikroskop erkennen kann, z. B. bei *Proteus anguineus* 0,056 mm (Fig. 92. 4.). Unter den Wirbellosen besitzen viele Ringelwürmer (*Lumbricus terrestris*) rothes Blut, bei den übrigen eine verschiedene Färbung: gelblich, grün, violett, bläulich, oder es ist farblos. Der Farbstoff inhäriert hier dem Plasma, nicht den meist ganz ungefärbten Erythrocyten, die mehr an die Lymphzellen der Wirbelthiere erinnern. Der rothe Farbstoff der Wirbellosen ist Haemoglobin (ROLLÉ) (S. 392, 403).

Die Länge der Blutkörperchen im Blute verschiedener Thiere ist von VERNARDT angegeben. 1 Kubikmillimeter Menschenblut hält nahezu 5 Millionen rothe Blutkörperchen, 1 Kubikmillimeter Kaninchenblut 4000000, d. h. 80% von der Mittelzahl MOLESCHOTT's vollkommen entspricht. Beim Kaninchen von 2700000 bis fast 6 Millionen, vom Hund von 4 Millionen bis 5 1/2 Millionen. Die Zahlen schwanken in sehr weiten Grenzen bei gesunden Thieren derselben Art.

Die Zahlen schwanken in sehr weiten Grenzen bei gesunden Thieren derselben Art.

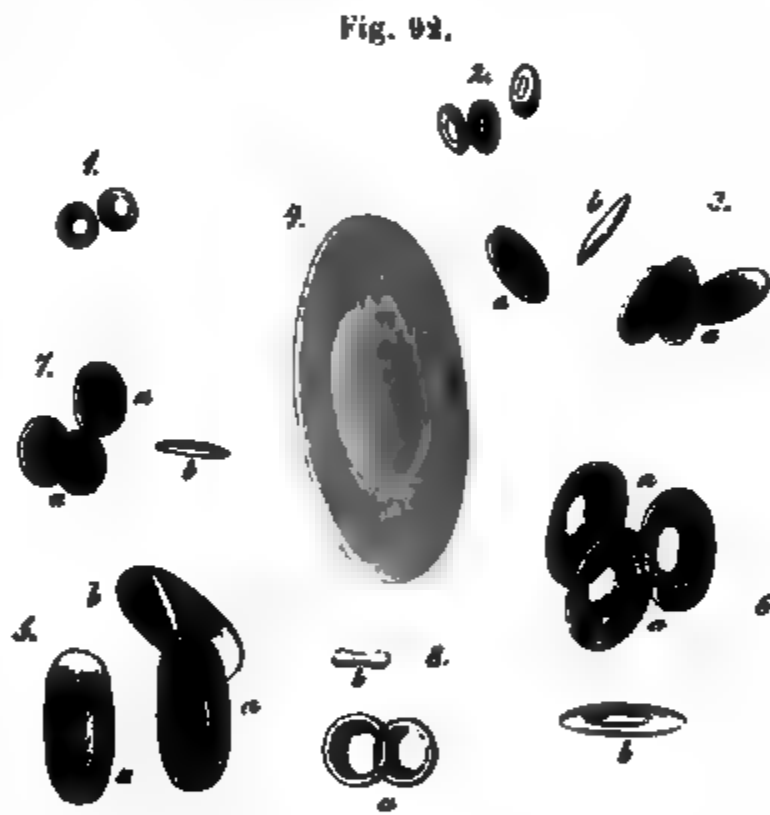


Fig. 92. Farbige Blutzellen; 1 vom Menschen, 2 vom Kameel, 3. der Taube, 4. des *Proteus*, 5. des Wassersalamanders, 6. des Frosches, 7. von *Cobitis*, 8. des *Ammocoetes*. Bei a Ansichten von der Fläche; bei b die seitlichen (meistens nach WAGNER).

Art. Das Murmelthier hat im Anfang des Winterschlafs 5800000, zu Ende nur noch 2300000. Nach MALASSEZ schwankt der Gehalt des Blutes in 4 Cubikmillimeter an rothen Blutkörperchen zwischen 3,5 und 18 Millionen, die grösste Zahl zeigen die Kameele, Delphine. *Phocaena* 3—4 Millionen, Knochenfische 700000—2 Millionen, Knorpelfische 140000—230000.

MALASSEZ nennt den Quotienten, welchen man erhält, wenn man die absolute Anzahl der Blutkörperchen durch das in Gramm ausgedrückte Gewicht des Thieres dividirt: Blutkörperchencapacität des Thieres. So ist z. B. die Blutkörperchencapacität eines Kaninchens von 2450 Gramm mit 919450 Millionen Blutkörperchen 378 Millionen. Diese Capacität schwankt im gleichen Sinn wie der Reichthum einer bestimmten Blutmenge an Körperchen bei den verschiedenen Thieren. Bei den Säugethieren steigt die Blutkörperchencapacität nach der Geburt bis zur 3.—4. Lebenswoche an, um von da an wieder bis auf oder unter den Ausgangspunkt zu sinken, im erwachsenen Thiere ist sie dann wieder höher. Alle schwächenden Einflüsse vermindern die Blutkörperchencapacität.

**Aerztliche Bemerkungen.** — In einer Anzahl von Krankheiten zeigt sich die Anzahl der rothen Blutkörperchen vermindert, so bei maligner Anämie, bei allen cachectischen Processen. MALASSEZ fand auch bei chronischer Bleivergiftung eine Verminderung der Blutkörperchen in einer gemessenen Blutmenge um die Hälfte. Bei Erysipelas und Eiterung: bei Abscessen, eitriger Pleuritis, nach der Entbindung etc. ist die Zahl der weissen Blutkörperchen vermehrt.

**Zur Technik der Blutanalyse.** — Blutkörperchenzählung nach VIERORDT. Zuerst wird ein abgemessenes Blutvolum durch Zusatz eines grossen Volums einer Zuckerlösung mit etwas Kochsalz gleichmässig verdünnt. Dann lässt man in eine feine Kapillarrohre, die zur bequemeren Handhabung in ein weiteres Glasröhrchen durch einen Kork befestigt ist, eine winzige Menge der Mischung aufsteigen, deren Länge im Kapillarrohr man unter dem Mikroskop bestimmt. Die Weite des Lumens der Kapillarrohre hat man ebenfalls genau bestimmt. Dann kennt man das Volum der Mischung und aus der bekannten (gemessenen) Verdünnung etwa 4000 das Volumen des reinen Blutes, das in der Kapillare enthalten ist. Der Inhalt der Kapillare wird dann auf ein Glasblättchen (Objectträger) entleert, mittelst einer Nadelspitze mit einem Minimum Gummilösung vermischt und zu einem länglichen Streifen ausgezogen, welcher sogleich erstarrt und die Blutkörperchen wie eine Sternkarte enthält. Das Präparat wird auf einem in viele Quadrate getheilten Glasmikrometer bedeckt und dann die Blutkörperchen in einzelnen Quadraten der Reihe nach gezählt. Der Zählungsfehler ist nur etwa 3% bei verschiedenen Proben. Natürlich kann man in derselben Weise auch die mikroskopischen Elemente anderer Säfte, z. B. der Lymphe zählen (NASSE). MALASSEZ hat die Technik der Blutkörperchenzählung dadurch vereinfacht, dass er dieselben direkt in der Kapillarrohre selbst zählt.

#### (Chemie des Blutes ohne die Blutgase).

**Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.** — Unter den Bestandtheilen des Blutes sind die im Menschen- und Wirbelthierblute lediglich den rothen Blutkörperchen zugehörenden Blutfarbstoffe: Haemoglobin und Oxyhaemoglobin, am wichtigsten. Ausserdem wurden aus rothen Blutkörperchen des Menschen nach HOPPE-SEYLER von organischen Stoffen noch gewonnen eine (wahrscheinlich den Globulinsubstanzen zugehörende) Albuminsubstanz, dann Lecithin und Cholesterin: von anorganischen Stoffen: Kalium, Natrium (?), Chlor, Phosphorsäure, Kohlensäure, in geringer Menge Calcium und Magnesium. Dagegen enthalten die rothen Blutkörperchen keine Seifen und neutralen Fette, wodurch sie sich von fast allen anderen Zellen unterscheiden. Der Natriumgehalt ist nicht immer zu constatiren und ist meist, wo er nachweisbar, sehr gering im Verhältniss zum Gehalt an Kalium. Darin stimmen die Blut

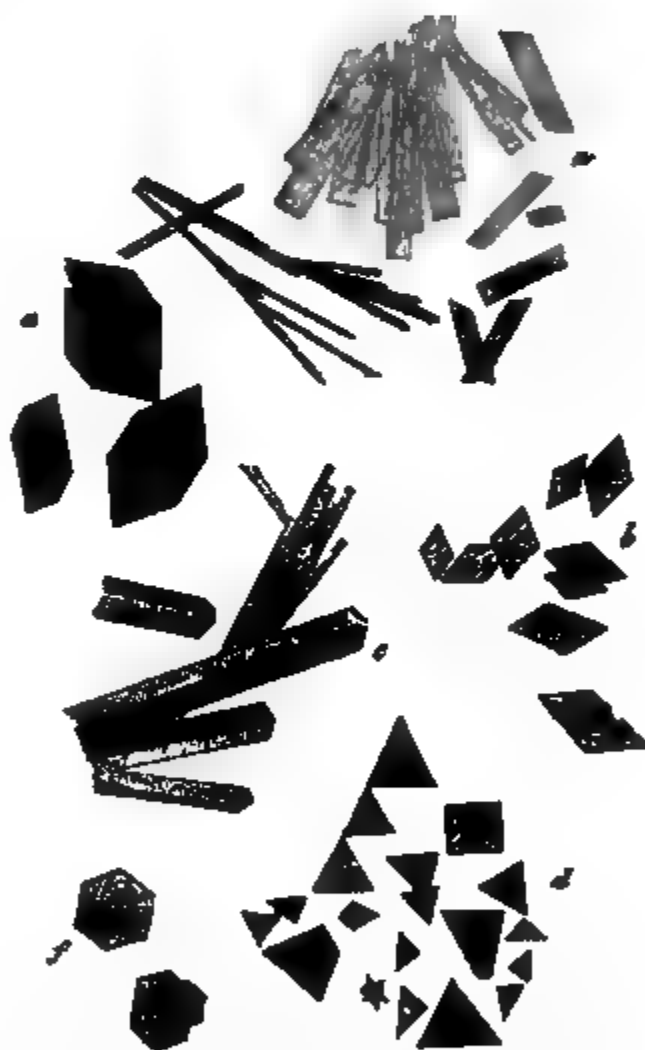


ten überein mit den Zellen und Zellenabkömmlingen der Gewebe. Man soll sich aber das Verhältniss der beiden Alkalien bei den Blutarten des Hundes und der Rinder umkehren, sodass hier weit mehr Natrium vorhanden wäre. Die Alkalimetalle scheinen in den Blutkörperchen in Verbindung mit Kohlensäure enthalten zu sein. Wie die genannten Bestandtheile der Blutkörperchen in diesen neben einander oder miteinander verbunden existiren, darüber wissen wir noch wenig Sicheres. EYLER glaubt, dass die Blutfarbstoffe sich mit dem Lecithin in einer erlegbaren Verbindung befinden. Die Blutfarbstoffe würden danach complicirtesten organischen Bildungen des lebenden Organismus sein, von denen wir wissen, und ein Beispiel dafür abgeben, wie hochzusammengesetzt die protoplasmatischen Substanzen zu denken haben, von denen wir erst die mehr oder weniger veränderten Zersetzungsprodukte kennen. In venösen Blute finden sich beide Blutfarbstoffe: Haemoglobin und Oxyhaemoglobin neben einander; ist das arterielle Blut mit genügenden Mengen gesättigt, so enthält es nur Oxyhaemoglobin.

Oxyhaemoglobin ist verhältnissmässig krystallisirbar, das Haemoglobin bisher nur als eine amorphe Substanz bekannt (HOPPE-SEYLER). Das Haemoglobin ist schön hellroth, das Oxyhaemoglobin dunkler, mehr blauroth violettlich, im auffallenden Licht roth, im durchfallenden Licht grün. Es verschied in der chemischen Zusammensetzung beider Blutfarbstoffe: desselben Thieres scheint Lecithin zu bestehen, dass das Oxyhaemoglobin eine bestimmte Menge Wasser lose gebunden enthält, während Haemoglobin Sauerstoff lose gebunden enthält. Concentrirte Lösungen von Haemoglobin verwandeln sich unter den geeigneten Bedingungen - resp. Sauerstoffzutritt in eine krystalline Masse von Oxyhaemo-

krystalle des Oxyhaemoglobins (Blute der verschiedenen Wirbelthiere, Fig. 93) gehören nach LANDOIS zum rhombischen System an: nur eine Ausnahme ist bisher bekannt, die Hexagonalkrystalle des Eichhörnchens sind hexagonale Tafeln. Nach EYLER deutet namentlich diese Verschiedenheit in der Krystallform in Verbindung mit Verschiedenheiten in den Löslichkeitsverhältnissen der verschiedenen Blutfarbstoffkrystalle auf eine

Fig. 93.



Blutkrystalle des Menschen und der Säugethiere:  
a Blutkrystalle aus dem Venenblut des Menschen;  
b aus der Milzvene; c Krystalle aus dem Herzblut  
der Katze; d aus der Halsvene des Meerschwein-  
chens; e vom Hamster und f aus der Jugularis des  
Eichhörnchens.

chemische Verschiedenheit der Oxyhaemoglobine im Blute verschiedener Thiere. Es ist jedoch bekannt, dass im Pferdeblut zwei verschiedene »Krystallarten« (HOPPE-SEYLER) vorkommen, welche sich leicht eine in die andere umwandeln, sodass es wahrscheinlicher ist, dass sich die Krystallisation in den beiden Krystallsystemen lediglich aus verschiedenen Krystallisationsbedingungen z. B. vielleicht verschiedenen Mengen von Krystallwasser erklärt bei sonst gleicher chemischer Zusammensetzung, analog wie kohlensaurer Kalk einmal als Aragonit rhombische, unter geänderten Krystallisationsbedingungen als Calcit hexagonale Krystalle bildet.

Haemoglobin wird durch verschiedene Agentien — Alkalien, Säuren, Alkohol. Erhitzen auf 100° — bei Abwesenheit von Sauerstoff in einen (bisher nur spectroscopisch bestimmten) rothen, eisenhaltigen Farbstoff: Haemochromogen (HOPPE-SEYLER) und einen Eiweisskörper gespalten. Das Haemochromogen geht unter Sauerstoffaufnahme in Haematin über. Das Haemoglobin enthält sonach zwei verschiedene Atomgruppen, von denen bei der wahrscheinlich unter Wasseraufnahme eintretenden Spaltung die eine Eiweissstoff, die andere Haemochromogen resp. Haematin liefert. Beide letztgenannten Stoffe sind sicher in allen Blutarten identisch und es unterliegt keinem Zweifel, dass es die Haemochromogengruppe ist, welche dem Haemoglobin die Fähigkeit ertheilt, Sauerstoff lose zu binden und dadurch in Oxyhaemoglobin überzugehen.

Die spectroscopischen Beobachtungen am kreisenden Blute scheinen zu beweisen, dass die rothen Blutkörperchen wirklich Haemoglobin und Oxyhaemoglobin enthalten, aber, wie oben bemerkt, wahrscheinlich noch in weiterer chemischer Verbindung. Die Fähigkeit, Sauerstoff lose zu binden und dies leicht z. B. im Vacuum wieder abzugeben, welche dem Haemoglobin wie dem lebenden rothen Blutkörperchen zukommt, bedingt die hervorragende Bedeutung dieses Stoffes für die physiologische Chemie der Wirbelthiere.

Genaue quantitative Analysen von frischen rothen Menschenblutkörperchen existiren noch nicht. C. SCHMIDT fand den Wassergehalt zu 68,463 %. JÜNGER und HOPPE-SEYLER haben neben trockenen Blutkörperchen von verschiedenen Thieren auch solche vom Menschen untersucht, wobei ziemlich grosse Schwankungen gefunden wurden:

	trockene Menschenblutkörperchen	
	I.	II.
Oxyhaemoglobin . .	867,9	948,0
Eiweissstoffe . . .	122,4	51,0
Lecithin . . . . .	7,2	3,5
Cholesterin . . . .	2,5	3,5

Ein rothes Blutkörperchen aus dem Blute eines gesunden Menschen enthält nach MALASSEZ 27,7—31,9 Mikromilligramm Haemoglobin.

Als Beispiele vollständiger Analysen frischer rother Blutkörperchen dienen solche von Schweineblut und Rindsblut von G. BUNGE nach HOPPE-SEYLER.

	feuchte Blutkörperchen	
	aus Schweineblut:	aus Rindsblut:
Wasser . . . . .	632,4	599,9
feste Stoffe . . . . .	367,9	400,4
Haemoglobin . . . . .	261,0	280,3
Eiweiss . . . . .	86,1	107,3
Lecithin, Cholesterin und an-		
dere organische Stoffe . . .	12,0	7,5
anorganische Stoffe . . . .	8,9	4,8
davon $K_2O$ . . . . .	5,543	0,747
MgO . . . . .	0,158	0,017
Cl . . . . .	1,504	1,635
$P_2O_5$ . . . . .	2,067	0,703
$Na_2O$ . . . . .	0	2,093

Die elementare Zusammensetzung des Oxyhaemoglobins wurde von SCHMIDT, HOPPE-SEYLER und KOSSEL aus dem Blute verschiedener Thiere untersucht, die Resultate stimmen gut überein. Als Beispiel diene eine Analyse des Haemoglobins der Gans (HOPPE-SEYLER): C: 54,26; H: 7,10; N: 16,24; O: 20,69; S: 0,54; Fe: 0,43. Ein früher viel angegebenes Gehalt an Phosphor ist wohl auf »Verunreinigungen« mit Lecithin resp. mit Lecithin (im Gänseblut) zu beziehen.

Die Mengen des Krystallwassers der Oxyhaemoglobine aus dem Blute verschiedener Thiere schwanken nach HOPPE-SEYLER zwischen 3—9,4 %.

Zur Trennung des Oxyhaemoglobins von dem Reste der Blutkörperchenbestandtheile zum Zweck der Krystallisation, genügt unter Umständen schon das Auswaschen der Blutkörperchen durch Wasser, dasselbe bewirkt Gefrieren und rasches Auftauen des Blutes, Durchleiten elektrischer Schläge, Behandeln mit gereinigter Galle, mit Aether, vollkommene Entfernung der Blutgase. Die Krystallisation bedarf zu ihrer Einleitung meist niedriger Temperaturen.

Das Oxyhaemoglobin bindet wie die Blutkörperchen Sauerstoff lose und gibt ihn im Vacuum wieder ab, doch ist die Abgabe des Sauerstoffs immerhin etwas schwerer als von Seite der Blutkörperchen. Nach der Berechnung HOPPE-SEYLER's sollten 100 Gramm Oxyhaemoglobin bei ihrer Dissociation z. B. im Vacuum etc. 167,39<sup>cc</sup> Sauerstoff von 0° und 0,76 m Druck abgeben. Die gefundenen Maximalwerthe der Sauerstoffabgabe stimmen mit dieser Berechnung gut überein.

Der vom Oxyhaemoglobin abzutrennende, locker gebundene Sauerstoff entwickelt sich nicht als Ozon, sondern als indifferenten Sauerstoff.

Ozon sowie alle oxydirenden Substanzen verwandeln das Oxyhaemoglobin zunächst, ehe die oben erwähnte Spaltung eintritt, in einen dem Oxyhaemoglobin sehr nahe stehenden amorphen Farbstoffkörper, das Methaemoglobin (HOPPE-SEYLER). Es enthält weniger Sauerstoff als das Oxyhaemoglobin und mehr als das Haemoglobin, der Sauerstoff ist aber fester gebunden als im Oxyhaemoglobin und kann durch Evacuiren nicht mehr ausgetrieben werden. Die beiden Atomgruppen des Haemoglobins, Eiweissstoff- und Haematingruppe, sind auch im Methaemoglobin vorhanden, aber die Fähigkeit der lockeren Bindung von Sauerstoff ist der letzteren Gruppe verloren gegangen. Es gelingt jedoch leicht, Methaemoglobin in Haemoglobin zurückzuführen, wozu in neutraler oder schwach alkalischer Lösung Einwirkung reducirender Substanzen genügt. Säuren und Alkalien zerlegen Methaemoglobin auch bei Abwesenheit von Sauerstoff in Eiweissstoff und Haematin. Während aus Oxyhaemoglobin durch Fäulniss Methaemoglobin entsteht, geht letzteres bei Fäulniss ohne Sauerstoff in Haemoglobin über.

Das Haemochromogen HOPPE-SEYLER's wurde zuerst an seinen optischen Eigenschaften von STOKES erkannt und als reducirtes Haematin beschrieben, da es sich in

schwach alkalischen oder neutralen Lösungen von Haematin unter der Einwirkung reducirender Substanzen bildet. HOPPE-SEYLER fand, dass das Haemochromogen direct aus der Spaltung des Haemoglobins bei Abwesenheit von Sauerstoff entsteht, sonach eine noch innigere Beziehung zum Haemoglobin erkennen lässt als das Haematin, welches erst durch Oxydation aus dem Haemochromogen hervorgeht.

Das Haematin hat die elementare Zusammensetzung  $C_{68}H_{70}N_8Fe_2O_{10}$  mit 8.80% Eisen und ebensoviel Stickstoff (HOPPE-SEYLER). Das trockene Haematin ist von brauner Farbe, in dünnsten Schichten durchsichtig, im auffallenden Lichte glänzend blauschwarz. Es lässt sich sehr rein aus seiner Salzsäureverbindung gewinnen, welche lange als TEICHMANN'S KRYSTALLE oder Haemin bekannt ist und bei Extraction getrockneten und gepulverten Blutes mit Eisessig bei Anwesenheit von Chlornatrium entsteht:  $C_{68}H_{70}N_8Fe_2O_{10}, 2HCl$ . (cf. unten: Blutnachweis). Das Haematin ist sehr widerstandskräftig gegen chemische Agentien, auch Fäulniss greift es nicht oder wenigstens nur sehr schwer an. Unter gewissen Einwirkungen bildet sich aber aus ihm das

Haematoporphyrin (HOPPE-SEYLER), ein neuer eisenfreier Farbstoff, unter Abtrennung von Eisenoxydulsalz. Es entsteht nach der primären Spaltung des Haemoglobins durch verdünnte Säuren bei Abwesenheit von Sauerstoff aus dem Haemochromogen. Entdeckt wurde der betreffende Farbstoff von MULDER, welcher durch die Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Haematin ein eisenfreies Haematin darstellte. HOPPE-SEYLER findet, dass letzteres aus zwei eisenfreien Farbstoffen, dem bis jetzt noch wenig bekannten Haematolin von der Formel  $C_{68}H_{78}N_8O_7$  und dem Haematoporphyrin  $C_{68}H_{74}N_8O_{11}$  gemischt sei. Letzteres ist trocken, glänzend, dunkelviolet in dünnsten Schichten mit grünlicher Farbe durchsichtig. Durch Reduction mit Zinn und Salzsäure in alkoholischer Lösung geht es in einen optisch von Hydrobilirubin nicht zu unterscheidenden Stoff über (HOPPE-SEYLER).

Höchst wahrscheinlich bilden sich die Gallefarbstoffe in der Leber aus der Haemochromogengruppe des Haemoglobulin. HOPPE-SEYLER führt als einen der Gründe dafür an das ausnahmslose Vorkommen von wahrer Galle mit Gallefarbstoffen und Gallensäuren bei Thieren mit rothen Blutkörperchen. Bekanntlich kommt aber gelöstes Haemoglobin auch im Blute wirbelloser Thiere vor. Besser gründet sich diese Annahme auf die nahe Uebereinstimmung der Gallefarbstoffe mit dem Haematin und die Bildung von Gallefarbstoff (Haematoidinkrystalle) in Blutextravasaten etc.

Die Bildung des Haemoglobins und die chemische Herkunft der Haemochromogengruppe ist noch ein vollkommenes Räthsel. Jedenfalls ist erstere an kein bestimmtes Organ geknüpft; abgesehen von den unten zu erwähnenden Erfahrungen über die Bildung der rothen Blutkörperchen zeigt das auch das Vorkommen eines mit dem Haemoglobin identischen Farbstoffes in den Muskeln der Wirbelthiere, sowie das Vorkommen gelösten Haemoglobins in dem Blute wirbelloser Thiere, des Regenwurms.

Das optische Verhalten der Blutfarbstoffe cf. bei Besprechung des Blutgases.

Die chemischen Bestandtheile der weissen Blutkörperchen sind jene, welche allen jungen entwicklungsfähigen Zellen eigen sind (cf. Chemie der animalen Zelle, Cap. II). Nach A. SCHMIDT geht ein grosser Theil der weissen Blutkörperchen nach der Herausnahme des Blutes aus der lebenden Ader rasch zu Grunde, wobei ein Ferment entstehen soll, welches sich an der Blutgerinnung betheiligt. SALOMON hat im arteriellen Blute von Hunden, im Aderlassblute vom Menschen Glycogen nachgewiesen, welches wohl den weissen Blutzellen zugehört.

Die Angaben, dass Blut kein Glycogen oder Dextrin enthalte (O. NASSE), beziehen sich wahrscheinlich darauf, dass die sich lösenden rothen Blutkörperchen ein diastatisches Ferment entwickeln (TIEGEL), welches die genannten Stoffe rasch in Zucker umwandelt.

Die Abweichungen in den chemischen Bestandtheilen des leukämischen Blutes beruhen von normalem Menschenblut heruhen z. Thl. auf dem gesteigerten Gehalt des letzteren an weissen Blutzellen; ob wir es aber hierbei mit normalen Verhältnissen der Natur zu thun haben, ist mehr als zweifelhaft.

**Das Plasma des Blutes.** — Die Flüssigkeit des Blutes, das Blutplasma, besteht aus etwas mehr als 90% aus Wasser, in welchem zahlreiche organische und anorganische Stoffe gelöst sind; letztere werden als Blutsalze bezeichnet, ersteren beanspruchen quantitativ verschiedene Eiweissmodifikationen von vorrätigster Bedeutung. Ein procentisch geringer Antheil der letzteren nimmt sich bei dem (S. 387) beschriebenen Vorgang der Blutgerinnung als Fibrin aus. Quirlt oder schlägt man das frisch aus der Ader gelassene Blut, so erhält man sich, wie oben gesagt, kein zusammenhängender Blutkuchen, sondern das Fibrin des normalen Blutes hierbei vollkommen abscheidende Fibrin hängt sich als Fibrinmasse nach an das Schlagstäbchen an und seine Gesamtmenge kann durch Coliren durch ein engmaschiges Gewebe von dem nun fibrinfreien = serisirten Blute abgetrennt, chemisch gereinigt und quantitativ bestimmt werden. Aus gesundem Menschenblut gewinnt man auf diese Weise 0,1—0,4% trockenes Fibrin, dessen procentische Zusammensetzung des wahren Eiweisskörpers ist: C: 52,32; H: 7,07; O: 23,0; N: 16,23; 1,55 (KISTIAKOWSKY), und welches durch chemische Einwirkung (z. B. Salzsäure) zunächst in eine Globulinsubstanz von den Eigenschaften des Globulins übergeführt werden kann, welcher man bisher die Eigenschaften des Fibrins (resp. der fibrinogenen Substanz) nicht mehr zurückzuerkennen vermochte.

Von dem Serum des Blutes unterscheidet sich das Blutplasma sonach durch seinen Gehalt an gelöster fibrinbildender Substanz oder Fibrinogen, einem Stoffe, von welchem trotz zahlreicher Untersuchungen, welche bereits in neuerer Zeit durch viele Forscher (R. VIRCHOW, ALEX. SCHMIDT, OLAF HAMMARSTEN u. v. A.) erfahren hat, kaum mehr feststeht, als dass er ein zu den Globulinsubstanzen (HOPPE-SEYLER) zu rechnender Eiweissstoff ist. Von dem sonst sehr nah verwandten Serumglobulin unterscheidet es sich dadurch, dass es, wie das Myosin, in neutraler Lösung durch Erwärmen schon bei 60° (HAMMARSTEN, FREDERICQ) flockig zu einem coagulirten Eiweissstoff gewandelt, während bei Serumglobulin die Coagulation erst bei 75° eintritt. DENIS und SCHMIDT haben fibrinogene Substanz aus dem Blute bis jetzt mit mangelhaftem Erfolg abzuscheiden versucht. Aus den Experimenten GAUTIER's, welche zeigen, dass die Fibrinbildung aus fibrinogener Substanz nur bei Gegenwart von Wasser erfolgt, schliesst HOPPE-SEYLER, dass Fibrin aus fibrinogener Substanz durch Hydrathbildung entstehen möge. Der Vorgang lässt sich sonach nach S. 70 an die Fermentwirkungen anschliessen. ALEX. SCHMIDT, HAMMARSTEN u. A. nehmen in diesem Sinn die Bildung eines im lebenden Thiere nicht vorhandenen »Fibrinferments« an, dessen Quelle nach Ersterem in weissen Blutkörperchen seien, welche sofort nach ihrer Entfernung aus dem lebenden Körper zum grossen Theile, unter Bildung dieses Ferments zerfallen. Anfänglich hatte AL. SCHMIDT gelehrt, dass die Fibrinbildung durch das Zusammenwirken zweier Globulinsubstanzen, Fibrinogen und Thromboplastin, welche er als fibrinogene und fibrinoplastische Substanz

unterschied, vor sich gehe, wozu er nun noch als dritten Factor das Fibrin-ferment postulirt. Die fibrinoplastische Substanz stamme ebenfalls von den farblosen Blutkörperchen.

Trotz der vielen darauf verwandten Mühe ist die Frage noch keineswegs spruchreif. HOPPE-SEYLER fasst die bis jetzt feststehenden Resultate dahin zusammen: dass das Fibrin sich nur in Flüssigkeiten bilden kann, welche Fibrinogen enthalten; dass Lösungen des Fibrinogens für sich kein Fibrin geben, zur Bildung desselben also noch eine besondere Einwirkung und zwar eines oder mehrerer chemischer Körper (d. h. fibrinoplastische Substanz und Fibrin-ferment AL. SCHMIDT) erforderlich ist; dass dieser oder diese einwirkenden Körper von den farblosen Blutkörperchen geliefert werden.

Das Fibrin scheidet sich aus dem Plasma aus. Auch das Plasma, das man durch rasches Sinken der Blutkörperchen für sich ohne Blutkörperchen, z. B. aus Pferdeblut, erhalten kann, gerinnt. Aus Froschblut, dessen grosse Blutkörperchen nach Verdünnung mit Zuckerwasser abfiltrirt werden können, kann man (J. MÜLLER) ebenfalls gerinnendes Plasma erhalten. Doch scheint die Auflösung der Blutkörperchen immerhin mit zur Gerinnung beizutragen. Nach vorsichtigem Einspritzen von Galle in das Blut lebender Thiere tritt nach meinen von NAUNYN auch für arterielles Blut bestätigten Experimenten unter Umständen Blutgerinnung im lebenden Thiere ein, was NAUNYN zuerst nach Einspritzen von gefrorenem und wieder aufgethaum Blute beobachtet hatte, ebenso nach Aethereinspritzung, wodurch auch die Blutkörperchen gelöst werden. Beide Einflüsse zerstören, wie wir oben sahen, die rothen Blutkörperchen. A. HEYDUSCH lehrte, dass das Fibrin zum grossen Theil aus den Blutkörperchen stammt bei Pferdeblut bis zu 90 %.

Es ist bisher noch immer räthselhaft, warum die Fibrinausscheidung im lebenden, kreisenden Blute nicht stattfindet, während sie auch in den lebenden Adern eintritt, wenn das in diesen enthaltene Blut durch Unterbindung des Gefässes stockt oder durch Reibung an Wandrauhigkeiten Verzögerung in seiner Bewegung erfährt. Wir haben es hier mit einem räthselhaften Einfluss der lebenden Gefässwand zu thun (BRÜCKE), der bisher jedoch einer genaueren Analyse getrotzt hat. Froschblut, mit einem lebenden pulsirenden Herzen über Quecksilber abgesperrt, gerinnt nicht. Bei dem Absterben der Gefässwand und bei der Blutgewinnung durch Aderlass tritt das Blut ganz, bei der Stockung der Bewegung innerhalb der lebenden Gefässe wenigstens der centrale Inhalt der Gefässe aus dieser Beeinflussung der Gefässwand heraus. Verzögert wird die Fibrinausscheidung durch gewisse Zusätze zum Blut, wie Kohlensäure und andere schwache Säuren, Alkalien, alkalische Salze. Durch Zusatz von 1 Theil einer 25 % Lösung von schwefelsaurer Magnesia und von Säuren bis zu merklich saurer Reaction wird die Gerinnung ganz verhindert (A. SCHMIDT). Der Zutritt der Luft beschleunigt die Gerinnung, ebenso eine Erwärmung bis auf 35° und Schlagen oder Quirlen. Ein gewisser Salzgehalt der Flüssigkeit ist zur Ausfällung des Fibrins erforderlich, dazu genügt ein 4 % Kochsalzgehalt. In salzfreien oder zu stark verdünnten Lösungen, welche alle drei A. SCHMIDT'schen Fibringeneratoren enthalten, tritt die Faserstoffgerinnung nicht oder langsam und nur theilweise ein.

VIRCHOW fand, dass das Blut in den Kapillargefässen der verschie-



Organe nicht gerinnt und, auch nach dem Tode herausgelassen, kein Fibrin ausscheidet.

Ausser im Blutplasma findet sich Fibrinogen in der Lymphe, im Chylus, in der Pleura-Pericardium-Flüssigkeit, ausserdem in Hydrocele- und in entzündlichen Exsudatflüssigkeiten verschiedener Art.

Die grundlegenden Experimente A. SCHMIDT's über Fibrinbildung wurden namentlich an defibrinirter Flüssigkeit angestellt. Obwohl dieselbe Fibrinogen enthält, so tritt doch spontan keine Gerinnung resp. Fibrinausscheidung ein, eine solche erfolgt aber in kurzer Zeit, wenn einige Tropfen defibrinirten Blutes zusetzt. Hierbei kommt nicht nur das Fibrinferment aus zerstörten weissen Blutzellen stammend, sondern auch die fibrinoplastische Substanz in irgend welcher Weise zur Wirkung. Wenn man anfänglich geneigt sein konnte, die Wirkung der fibrinoplastischen Substanz auf das Fibrinogen als eine chemische Verbindung der beiden Globulinsubstanzen zu Fibrin aufzufassen, so musste man diesen Gedanken fallen lassen, als AL. SCHMIDT gefunden hatte, dass bei der Fibrinbildung kein bestimmtes Aequivalent-Verhältniss zwischen beiden Substanzen obwalte. Die Mitwirkung der fibrinoplastischen Substanz bei der Fibrinbildung, von HAMMARSTEN anfänglich ganz geleugnet, ist nun falls bis jetzt noch nicht definiert. HOPPE-SEYLER hält es, wie gesagt, für sehr unwahrscheinlich, dass das Fibrinogen bei der Fibrinbildung mit einem anderen Körper sich verbindet. Die oben erwähnte Meinung, dass die rothen Blutkörperchen in irgend welcher Beziehung zur Fibrinbildung stehen, ist zuerst von PRÉVOST und DUMAS, neuerdings wieder von HEYNSICS vertreten worden. AL. SCHMIDT meint, dass das Fibrinogen in den rothen Blutkörperchen enthalten sei. HOPPE-SEYLER beobachtete übereinstimmend mit HEYNSICS und SEMMER, dass bei der Lösung der rothen Blutkörperchen eine zarte gallertige Gerinnung entsteht, welche ihm mit der Bildung von Fibrin übereinzustimmen schien. HEYNSICS lehrt, dass das meiste Fibrin aus den rothen Blutkörperchen stamme, bei Pferdeblut bis zu 90%. LANDOIS unterscheidet diesen Fibrin entsprechend zwischen Plasmafibrin und Stromafibrin, welches letztere bei der Lösung der rothen Blutkörperchen bilden solle. Da das Serum des Blutes verschiedener Thierarten auflösend auf die Blutkörperchen einer anderen Species wirke, so tritt bei Bluttransfusionen mit Blut fremder Species oder, wenn das eingespritzte Blut nicht mehr lebensfrisch ist, auch bei derselben Species leicht Gerinnung, namentlich in Gefässen, deren Blutkörperchen unter der Einwirkung der Kohlensäure ohnedies leichter zerfallen können.

Andere Erklärungen der Fibringerinnung übergehen wir, so die von DERTSCHMANN, HUBER und URBAIN u. A.

Bei jenen fieberhaften Allgemeinkrankheiten: Pneumonie, Erysipelas, Rheumatismus, sowie bei Hydraemie, bei welchen das Blut die Bildung einer Crusta phlogistica (S. 388) zeigt, ist das Fibrin quantitativ etwas vermehrt bis zu 0,5 — 1%.

In manchen Fällen findet eine mehrfache Fibringerinnung in demselben Blut statt (R. VIRCHOW). Entfernt man das Fibrin nach der ersten Gerinnung, so folgt hierauf eine zweite und dritte Fibrinausscheidung. Hier scheint sich (aus der Lösung der rothen Blutkörperchen?) also Fibrinogen neu zu bilden, da die beiden anderen A. SCHMIDT'schen Fibringeneratoren im Blute stets im Ueberschuss enthalten sind.

**Das Blutserum.** — Mit Ausnahme des Fibrinogens enthält das Blutserum die übrige Substanz des Blutplasmas. Doch haben wir es bei dem Serum schon mit einer mehr oder weniger veränderten Substanz zu thun. Durch die Lösung der weissen Blutkörperchen nach Ausfliessen des Blutes treten Stoffe in das Serum, welche im Plasma z. Thl. fremd sind, z. B. Fibrinferment, dann wechseln die anorganischen Salze theilweise ihren Platz, indem sich unter der Einwirkung der Kohlensäure ein gesteigerter Diffusionsverkehr zwischen Blutkörperchen und Blutserum einstellt (NASSE). Kochsalz geht in die Blutkörperchen, dafür Kalisalze

und andere feste Stoffe in das Serum. Die alkalische Reaction des Blutes nimmt wahrscheinlich durch Bildung einer Säure bei dem Absterben ab (ZUNTZ).

Konstant finden sich folgende Stoffe im normalen Serum: die Hauptmenge der festen Stoffe bilden zwei Eiweisskörper, Serumalbumin und Serumglobulin (WEYL), (derselbe Eiweissstoff, welchen PANUM als Serumcasein beschrieben, AL. SCHMIDT als fibrinoplastische Substanz angesprochen hat), ausserdem findet sich Cholesterin, Lecithin, Traubenzucker, Harnstoff, geringe Mengen eines gelben Farbstoffs, neutrale Fette, Seifen. Die anorganischen Salze des Serums sind vorwiegend Natriumverbindungen mit Chlor, Schwefelsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure; die letztere Säure findet sich auch in Verbindung mit Calcium und Magnesium, Kaliumverbindungen in grösseren oder geringeren Mengen wurden häufig nachgewiesen, von organischen Stoffen: Kreatin, Sarkin, Harnsäure (bei Gicht). Die Fette und Seife sind besonders in der Verdauungsperiode reichlich.

HAMMARSTEN gibt für 100<sup>cc</sup> Blutserum des Menschen folgenden Gehalt an den beiden Eiweissstoffen an: 9,2075 feste Stoffe; davon Gesamteiweiss 7,620; davon Serumglobulin 3,103; Serumalbumin 4,516. Aeltere Angaben über die Menge der im Blutserum enthaltenen Globulinsubstanz geben um das 10fache geringere Werthe; HEYNSIUS fand für Menschenblutserum 0,38<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

CL. BERNARD hat nachgewiesen, dass das Blut unabhängig von der Nahrung Zucker enthält; bei Fleischkost fand er im Hundeblood von 0,067 — 0,139<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Werthe, welche mit den von v. MERING gewonnenen ziemlich übereinstimmen 0,145 — 0,235<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Hunger zeigte keine Einwirkung. Der Zucker ist nach EWALD menschlichen Blute rechtsdrehend. Nach ABEL'S enthält das normale arterielle Blut durchschnittlich 0,049<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, das venöse im rechten Herzen (von demselben Thiere untersucht) 0,054<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Zucker. Den Zuckergehalt des venösen Blutes aus dem rechten Herzen, der Vena cava ascendens und der Vena portarum desselben Thieres fand er gleich, im Mittel 0,053 — 0,054<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Der normale Zuckergehalt des Blutes lässt sich sonach nicht allein aus der Leber ableiten, er stammt grossentheils auch aus den Muskeln und anderen Organen; nach Ausschaltung der Leber fand A. den Zuckergehalt des Blutes im rechten Herzen kaum bemerkbar vermindert. In Folge wachsender Blutverluste steigert sich der Zuckergehalt des Blutes (CL. BERNARD, v. MERING) bis über 0,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des Carotisblutserums. Bei Diabetes mellitus steigt der Zuckergehalt des Serums auf 0,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (HOPPE-SEYLER).

Den Harnstoffgehalt des normalen Menschenblutes gab PICQUET zu ungefähr 0,046<sup>0</sup>/<sub>0</sub> an. Auch im Blute verschiedener Thiere ist es von POISEUILLE und GOBLEY zu etwa 0,02<sup>0</sup>/<sub>0</sub> gefunden worden. Am Hundeblood wurden viele Bestimmungen ausgeführt. WURTZ fand nach einer vorwurfsfreien Methode 0,0492<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, nach den Angaben verschiedener Schüler HOPPE-SEYLER schwankt nach gleicher Bestimmungsmethode die Menge von 0,044 — 0,085<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Bei Nierenleiden: Uraemie steigt der Harnstoffgehalt des Blutes wie nach Nierenextirpation (PRÉVOST, DUMAS u. A.).

Harnsäure fanden SCHERER und STRICKER im Rinderblut zu 0,0034<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, im Menschenblut wurde sie bei Gicht in etwas grösserer Quantität nachgewiesen (cf. unten).

Kreatin bestimmte C. VOIT im Rinderblut zu 0,053 — 0,108<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, im Hundeblood zu 0,03 — 0,07<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Die Mengen des Cholesterin und Lecithin sind sehr gering und wechselnd, nie mehr als wenige Promille.

Neutrale Fette und die Seifen der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure finden sich im Blut hungernder Thiere in geringer, während der Verdauung in grösserer Menge. Bei Hunden bestimmte RÖHRIG die Fettmenge des Blutes nach mehrtägigem Fasten zu 0,5—0,7%, nach Fettfütterung bis zu 1,25%. Das Blutserum kann dann trübe wie verdünnte Milch erscheinen.

Fleischmilchsäure fand SALOMON in Spuren im menschlichen Aderlassblut, SPIRO in grösserer Menge im Thierblut nach langdauernder electrischer Muskelreizung. MEISSNER gibt Bernsteinsäure als Bestandtheil des Blutes von Pferd, Rind, Ziege an. Das mehrfach angegebene Vorkommen von Hippurure (VERDEIL u. A.) konnte nicht sicher bestätigt werden. SALOMON fand in einigen Fällen Spuren von Hippoxanthin im frischen Aderlassblut.

Ein Beispiel einer quantitativen Analyse der löslichen anorganischen Salze des Menschenblutserums gibt folgende Bestimmung von HOPPE-SEYLER:

Na Cl . . . . .	4,92 pro mille
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,44 - -
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . . . . .	0,21 - -
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .	0,15 - -
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> {	0,73 - -
Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> }	

Das Verhältniss von Kali zu Natrium fand C. SCHMIDT im Menschenblutserum wie 0,387 : 4,290 und 0,404 : 4,294 pro mille. BUNGE im Schweineblutserum wie 0,273 : 4,272 pro mille; im Pferdeblutserum 0,27 : 4,43; im Rindsblutserum 0,254 : 4,351. Das Natrium wiegt in der Serummasse stets über das Kalium vor, das Verhalten ist in dieser Hinsicht umgekehrt wie in der Masse der Blutkörperchen.

**Das Gesamtblut.** — Die Bestimmung des specifischen Gewichts des Blutes erlaubt, da nach S. 387 das specifische Gewicht der rothen Blutkörperchen von dem des Blutserums resp. Plasma wesentlich verschieden ist, einen Rückschluss auf den relativen Gehalt des Blutes an rothen Blutkörperchen und Plasma. Nach NASSE's Bestimmungen schwankt das specifische Gewicht des Menschenbluts aber nur zwischen 1,050—1,059, sehr ähnliche Werthe fanden ROCHEREL, RODIER und C. SCHMIDT.

Da nach der Angabe HOPPE-SEYLER's das Fibrin lediglich vom Plasma getrennt wird und seine Ausscheidungsquantität in der gleichen Blutart eine fixe Masse ist, so kann aus einer Bestimmung des Fibringehalts im Blutkörperchenplasma und einer Fibrinbestimmung im Gesamtblute das in letzterem enthaltene Gewicht an Plasma und damit auch an rothen Blutkörperchen bekannt werden. Die Methode ist aber bis jetzt nur für das relativ langsam gerinnende und vor der Gerinnung eine Quantität Plasma abscheidende Pferdeblut verwendet worden. Eine andere auch von HOPPE-SEYLER angegebene Methode der Trennung der (organischen Stoffe der) rothen Blutkörperchen vom Plasma resp. Serum scheint weniger theoretisch unanfechtbare Werthe zu liefern: dass auch die erstere Bestimmungsmethode neuerdings nicht unangefochten bleibt, ergibt sich aus der obigen Darstellung der Angaben über Abscheidung von Fibrin aus den rothen Blutkörperchen. Auch auf den lediglich den rothen

Blutkörperchen zugehörenden Eisen- oder Kaliumgehalt (?) hat man entsprechende Berechnungen gegründet. Als Beispiel geben wir eine Analyse von HOPPE-SEYLER und SACHARJIN nach der erstgenannten Methode ausgeführt; 1000 Gewichtstheilen Pferdeblut wurden gefunden:

	Blutkörperchen:	Plasma:
Gesammtgewicht	827,78	672,22
darin feste Stoffe	428,49 = 39,40%	67,90 = 10,40%
- Wasser	499,59 = 60,90%	604,93 = 89,90%.

Im Mittel aus 6 Analysen fanden sie 344,18 Blutkörperchen auf 655,1 Plasma.

Aus dem Eisengehalt des Blutes sowie aus colorimetrischen und spectroscopischen Versuchen haben verschiedene Forscher den Haemoglobingehalt des Gesamtblutes zu bestimmen versucht. Nach BECQUEREL und RODIER Eisenbestimmungen berechnet denselben PREYER im Blute gesunder Männer 12—15%, im Blute gesunder Weiber zu 12—14%, im Blute von Schwanger soll der Haemoglobingehalt etwas geringer sein (8,84—11,67%). Spectroscopisch bestimmte H. QUINCKE den Haemoglobingehalt im Blute von Frau zweimal zu 14%.

Als Beispiel einer quantitativen Zusammensetzung der Asche von Menschenblut diene eine Analyse von HENNEBERG. Das Eisen stammt aus den Blutkörperchen, die Phosphorsäure z. Thl. aus Lecithin, die Schwefelsäure z. Thl. aus dem Schwefel der Albuminate. Kali 44,39%; Natron 36,2; Kalk 1,88; Magnesia 1,28; Eisenoxyd 8,80; Chlor 34,23; Schwefelsäure 54,66; Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) 41,26; Kohlensäure 0,96.

SURBOTIN fand, dass die relative Menge des Haemoglobins, auf das Körpergewicht berechnet, bei Hund und Kaninchen eine ziemlich konstante Grösse ist auch bei verschiedener Gesamtblutmenge und Ernährungsweise. Beim Hund im Mittel auf 100 Gramm Körpergewicht 0,764 Haemoglobin im Mittel; bei einem wohlgenährten und einem hungrigen Kaninchen 0,846 und 0,848 Gramm (cf. Blutmenge).

**Zur Entwicklungsgeschichte der chemischen Blutbestandtheile.** — Bis zu 12.—14. Tag sah BOLL beim Hühnerembryo die Gerinnungsfähigkeit des Blutes fehlen. Haemoglobin konnte er schon am 3. Tage spektroskopisch nachweisen. Das Blut des lebenden Meerschweinchenfötus enthält schon vor der ersten Athmung Oxyhaemoglobin (PREYER und SCHMIDT).

**Zur vergleichenden Physiologie des Blutes** (cf. unten S. 440). — Die Kerne kernhaltigen rothen Blutkörperchen enthalten Nuclein, einen Stoff, welcher den kernlosen Körperchen zu fehlen scheint (PLOSZ). NASSE und Andere haben über die Zusammensetzung des Blutes verschiedener Thiere zahlreiche Untersuchungen angestellt, die jetzt bei verschiedenen Ernährungsweisen wiederholt werden müssen. Das Blut des Menschen und der Omnivoren soll am meisten Blutkörperchen und daher am meisten Eisen und lösliche Phosphor enthalten, ebenso am meisten feste Stoffe und Fibrin; die Menge des freien (schwach geladenen) Alkalis im Menschenblut soll eine mittlere Stellung zwischen der Menge in dem Blut der Herbivoren und Carnivoren, die am wenigsten davon besitzen, einhalten. Das Blut der Carnivoren enthält vielleicht etwas weniger (?) Blutkörperchen (cf. S. 394) weniger Fibrin und mehr Fett. Das Blut der Herbivoren ist am ärmsten an Blutkörperchen unter allen Säugethieren. Das Blut der Vögel enthält ebenso viel Blutkörperchen wie das des Menschen, ist reicher an Fibrin und Fett und ärmer an Albumin. Das Blut der kaltblütigen Wirbelthiere enthält mehr Wasser und weniger Blutkörperchen als das Blut aller andern Wirbelthiere.

er Haemoglobingehalt des Säugethierblutes, aus dem Eisengehalt berechnet, oder colorimetrisch bestimmt, ergab folgende Werthe: für Rindsblut 11,43 20/0 (PÉLOUZE); Kalbsblut 84,2—10,42 0/0 (PREYER, SUBBOTIN); Schafblut 11,2 0/0 (NASSE); Blut 11,62 0/0 (NASSE); Schweineblut 42,5—44,47 0/0 (PÉLOUZE); Kaninchenblut 7,40 0/0; Hundeblut 9,37—14,50 0/0 (SUBBOTIN, HOPPE-SEYLER); Blut saugender Hunde 3,34 (SUBBOTIN); Rattenblut 8,83 0/0 (PREYER). Nach den zahlreichen vergleichenden Bestimmungen KORNILOFF's verhält sich der Haemoglobingehalt (VIERORDT's Extinctionscoefficient):

bei Fischen . . .	0,8564
- Amphibien . . .	0,3889
- Reptilien . . .	0,4328
- Vögeln . . .	0,7844
- Säugethieren . .	0,9366

Das Blut mancher Wirbellosen scheint das Kupfer neben dem Eisen eine tragende Rolle zu spielen. Das Blut des *Helix pomatia* wird beim Stehen an der Luft blau, Ammoniak hebt die Farbe auf, Salpetersäure soll sie zurückbringen, es gibt bei Asche 0,038 Kupferoxyd, es enthält daneben aber auch Eisen (GENTH, v. GORUP-BESANZ). Auch die Blutmasse von Cephalopoden fanden HARLESS und BIBRA kupferhaltig, ebenso die von *Limulus Cyclops*, in der sich aber auch Eisen findet. Das Blut von *Helix* soll durch Zuleiten von Sauerstoff blau, durch Kohlensäure farblos werden, auch das einiger Cephalopoden (*Loligo* und *Eledone*) soll einen »albuminoiden« kupferhaltigen Körper enthalten (L. FRÉDÉRICQ), welcher durch Sauerstoff blau gefärbt wird; Näheres als Haemocyanin S. 440. Auch im Blute von Sepien und *Octopus* konnten H. MÜLLER und HLOSSBERGER Kupfer nachweisen. In dem Blute folgender niederen Thiere ist bisher neben Eisen, das in dem Blute dieser Thiere nie fehlt und zuweilen sogar in über der Menge vorhanden ist, nachgewiesen: *Cancer vulgaris*, *C. pagurus*, *Eledone*, *Sepia* und *Octopus*, *Helix pomatia*, *Unio pictorum*, *Limulus Cyclops* (v. GORUP-BESANZ).

### Gase des Blutes.

Das Gesamtblut enthält Gase: Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Auf dem Wechselverkehr der Gase der Atmosphäre mit den Geweben und den sonstigen Stoffen der Gewebe, welcher durch das Blut vermittelt wird, beruht die Lebensmöglichkeit des höheren animalen Organismus.

Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut ist zum grössten Theile unabhängig von den physikalischen Gesetzen der Gasdiffusion und erfolgt unter Einwirkung einer Anziehung der Blutkörperchen und zwar ihres Farbstoffs, des Haemoglobins, gegen dieses wichtigste Lebensbedürfniss. Die Sauerstoffmenge im Blute ist also von der Haemoglobinmenge desselben abhängig, das Haemoglobin ist bei normaler Athmung in arteriellem Blute nahezu (etwa zu 9/10) Sauerstoff gesättigt. Das Blutserum besitzt keine stärkere Anziehung zu Sauerstoff als eine Flüssigkeit von seinem Salzgehalte nach den allgemeinen Gesetzen der Gasdiffusion zukommt (L. MEYER), nach G. HÜFNER sogar eine etwas geringere. Der Farbstoff der rothen Blutkörperchen bindet chemisch den Sauerstoff lose an sich, ohne sich mit ihm zu zersetzen, und besitzt die Fähigkeit ihn wieder an andere Gewebe zur Oxydation abzugeben. KÜHNLE beobachtete diese Sauerstoffabgabe an Flimmerzellen (S. 424). Die Verbindung ist so, dass der aufgenommene Sauerstoff von dem Blute für gewöhnlich durch



dieselben Mittel getrennt werden kann, welche die Chemie dazu benutzt, gasindifferente Gase aus Flüssigkeiten auszutreiben. MAGNUS, LOTHAR MEYER, C. BERNARD, dann SETSCHENOW, SCZELKOW, SCHÖFFER, PREYER u. A. in dem LUDWIG'schen Laboratorium, in der neuesten Zeit PFLÜGER sind es, denen wir vor Allen die Kenntniss des Gasgehaltes des Blutes verdanken. Sie haben die Gase, die sie untersuchten, aus dem Blute durch Auskochen, durch Einleiten anderer Gase, oder am besten durch Hereinbringen des Blutes in den luftleeren Raum (TORICELLI'sche Leere) gesammelt. Die Quantität Sauerstoff, welche 1 Gramm Haemoglobin zu binden vermag, berechnet sich theoretisch zu  $1,27^{\text{cc}}$ . Die direkten Bestimmungen schwanken z. Thl. noch bedeutend unter diesem Werth ( $0,4—1,28^{\text{cc}}$  [HOPPE-SEYLER]; G. HÜFNER fand  $1,16^{\text{cc}}$ ), da die Anwesenheit sehr geringer Mengen anderweitiger oxydabler Stoffe das Resultat mehr oder weniger verkleinert.

Man hat lange daran festgehalten, dass ihr Eisengehalt es sei, welcher den Blutkörperchen die Fähigkeit, Sauerstoff anzuziehen, ertheile. Soviel steht fest, dass nicht den Eiweisskörpern der Blutkörperchen die besprochene Eigenschaft zukommt. Nach FERNET soll auch das Serum etwas Sauerstoff unabhängig vom Druck aufnehmen, ein Resultat, welches dadurch zweifelhaft wird, dass man Serum nie ganz haemoglobinfrei erhalten kann.

Der absolute Sauerstoffgehalt ist im venösen und arteriellen Blute verschieden, aber natürlich auch in keiner dieser Blutarten jemals konstant, da ja die Menge der Blutkörperchen je nach den Lebens- und Ernährungszuständen beständigen Schwankungen unterworfen ist und dem venösen Blute bei langsamerem Laufe oder während der Thätigkeit der Organe, die es durchströmt, mehr Sauerstoff entzogen werden muss. Bei raschem Strömen des Blutes durch die Organe behält das venöse Blut unter Umständen fast ganz die hellrothe Färbung des arteriellen Blutes und damit auch einen grösseren Theil seines Sauerstoffgehaltes. SETSCHENOW fand im arteriellen Menschenblute 16,41 Volumprocente Sauerstoff, in dem Blute aus der Carotis eines Hundes 15,05 V. pCt. Im venösen Blute ruhender Muskeln, wo der Sauerstoffgehalt sehr schwankend ist, fand SCZELKOW etwa 6 V. pCt. SETSCHENOW hat auch die Blutgase erstickter Thiere untersucht und fand darin den Sauerstoff fast oder wirklich vollständig verschwunden, so dass sich nur noch Spuren von Sauerstoff oder keiner mehr durch Kochen und Auspumpen im luftleeren Raume austreiben liessen. GROSS und KOTILEWSKY fanden, dass das bei Luftabschluss aufgefangene venöse Blut erstickter und anderweitig gestorbener Menschen und Thiere nur den Absorptionsstreifen des reducirten Haemoglobins darbietet (cf. unten).

Der Stickstoff ist im Blute einfach dem Luftwerke entsprechend absorhirt enthalten. Er beträgt etwa 1—2 V. pCt. MAGNUS und LOTHAR MEYER fanden ihn hier und da in grösserer Menge vor, letzterer in einem, wie es scheint extremen Falle bis zu 5 V. pCt. (Nach FERNET und SETSCHENOW ist vielleicht ein kleiner Theil chemisch an die Blutkörperchen gebunden.)

Der beobachteten Sauerstoffverminderung im venösen Blute entspricht eine Vergrösserung des Kohlensäuregehaltes desselben. SETSCHENOW fand 4 Mittel im arteriellen Blute 30 V. pCt. Kohlensäure, SCZELKOW im Blute ruhender Muskeln 35 V. pCt. Ein Theil der Kohlensäure scheint im Blute einfach absorhirt und kann durch die oben erwähnten physikalischen Mittel ab-



eben ausgeschieden werden. Ein anderer Theil kann nur durch Säuren (wie nach PFLÜGER im Blute bei der Entgasung selbst entstehen, oder die zugesetzt kann: Weinsäure) ausgetrieben werden, ist also fester chemisch gebunden. Auch die auspumpbare Kohlensäure könnte möglicher Weise lose gebunden sein. Die Kohlensäurebindung besorgen die Blutkörperchen nicht nur zum kleinen Theil. J. v. LIEBIG zeigte, dass das zweibasisch-phosphor-Natron des Serums diese Eigenschaft besitzt, Kohlensäure an sich zu binden. Es leuchtet ein, dass einfach-kohlensaures Natron, indem es sich zu doppelt-kohlensaurem Natron mit einem weiteren Antheil Kohlensäure verbindet eine lose Bindung, wie sie im Blute vorkommt, ebenfalls besorgen könnte.

Man hat gegen die Betheiligung des letzteren Salzes an der Kohlensäurebildung eingewandt, dass das Blut alkalisch reagirt, während Lösungen, die absorbirte oder locker gebundene Kohlensäure enthalten, sauer reagiren (PREYER). Dagegen haben PFLÜGER und ZUNTZ gezeigt, dass Blut auch nach vollkommener Sättigung mit Kohlensäure alkalisch reagirt. Auch unbekannte Verbindungen in den Blutkörperchen glaubt man an der lockeren Bindung der Kohlensäure im Blut betheiligt, da die Kohlensäureabsorption des Blutes nach Ansetzen mit dem zunehmenden Drucke wächst als die des Serums (PFLÜGER und ZUNTZ). Phosphorsaure Natron der Blutmasse ist im Blute nicht in reichlicher Menge vorhanden, man sieht dem entsprechend auch nur in geringem Grade an der Bindung der Kohlensäure betheiligt. Es entsteht bei der Verbrennung aus Lecithin (HOPPE-SEYLER und SERTOLI). Kohlensäure ist ähnlich wie der Sauerstoff im Blute theils einfach absorbirt, theils chemisch oder locker gebunden; an welche chemischen Stoffe die Bindung der Kohlensäure statthat, lässt aus dem Gesagten hervorgeht, jedoch noch nicht vollkommen eruirt. Das Plasma, sowohl die rothen (AL. SCHMIDT) und weissen Blutkörperchen enthalten Kohlensäure.

HOLMGREN und J. W. MÜLLER haben die Spannung des Sauerstoffs in den Blutkörperchen bestimmt. HOLMGREN verfuhr in der Weise, dass er Blut im luftleeren Raum abgedunstet, bis ein Manometer keine Druckzunahme anzeigte, worauf er den Druck des Sauerstoffes in den abgedunsteten Gasen bestimmte. Die Sauerstoffspannung steigt im Allgemeinen nach MÜLLER mit der Temperatur zu. Die Abgabe von Sauerstoff aus sauerstoffreichem Blut an sauerstoffarme Luft und die Aufnahme von Sauerstoff aus sauerstoffreicher Luft in sauerstoffarmes Blut findet so lange statt, bis ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Sauerstoffspannung im Blute und der Sauerstoffspannung in der über der Blutmasse befindlichen Luft eingetreten ist. Dieses Verhältniss wächst mit wachsender Temperatur. Der Sauerstoffdruck hängt ab von der Menge der im Blut enthaltenen Blutkörperchen resp. der des Haemoglobins (Gasspannung im Blut cf. auch bei Athmung).

Die besten Bestimmungen, welche wir bisher besitzen, sind die von PFLÜGER ausgeführten aus seinen im Jahre 1867 angestellten Versuchen ergibt sich für das arterielle Blut folgender gesunder Hunde (100 Vol.):

Maximalwerth des Sauerstoffgehalts	25,4 Volumprocent
Mittelwerth	22,2
- der Kohlensäure . .	34,3
- des Stickstoffs . .	4,8
Gesamtmenge 58,3 Volumprocent.	

Die geringeren Werthe, bedingt durch weniger vollkommene Methoden der Blutgasanalyse, ergeben Mittelzahlen aus 10 Analysen der Gase von arteriellem Hundeblut aus dem physiologischen Laboratorium, in Volumprocenten bei 0° und 4 M. Hg. D.

	Gesamtgasmenge:	Kohlensäure:	Sauerstoff:	Stickstoff:
von LEWIS	45,9	29,7	14,6	4,6

Als Beispiel des quantitativen Gasgehaltes im Menschenblute mag ein stimmung von SETSCHENOW dienen.

In 100 Volum Blut waren :		Oder 100 Volum Blutgase enthalte	
Gesammte Gasmenge . . . .	48,20	Sauerstoff . . . .	34,4 Volumprocent
Sauerstoff . . . . .	16,44	Stickstoff . . . .	2,4 -
Stickstoff . . . . .	1,20	Kohlensäure . . .	63,5 -
Kohlensäure :			
frei . . . . .	28,27		
gebunden . . . . .	2,32		
gesammt . . . . .	30,59		

Die analytischen Resultate beanspruchen nur den Werth von Beispielen ; bei den Se kungen im Gasgehalte des Blutes unter verschiedenen Lebenszuständen des Thieres, vo man das Blut gewonnen, sind Mittelwerthe von untergeordneter Bedeutung. Näheres b Gaswechsel in der Lunge.

Das Gesammitblut hat viel mehr Gase als das Serum. Nach den vergleichende lysen, von SCHÖFFER an Hundeblut angestellt , ergaben sich in einem Versuche folgend hältnisse in Volumprocenten :

	Gesammitgasmenge :	davon CO <sub>2</sub> auspumpbar :	CO <sub>2</sub> gebun
Blut . . . . .	41,48	24,62	1,39
Serum . . . . .	11,28	10,20	23,77.

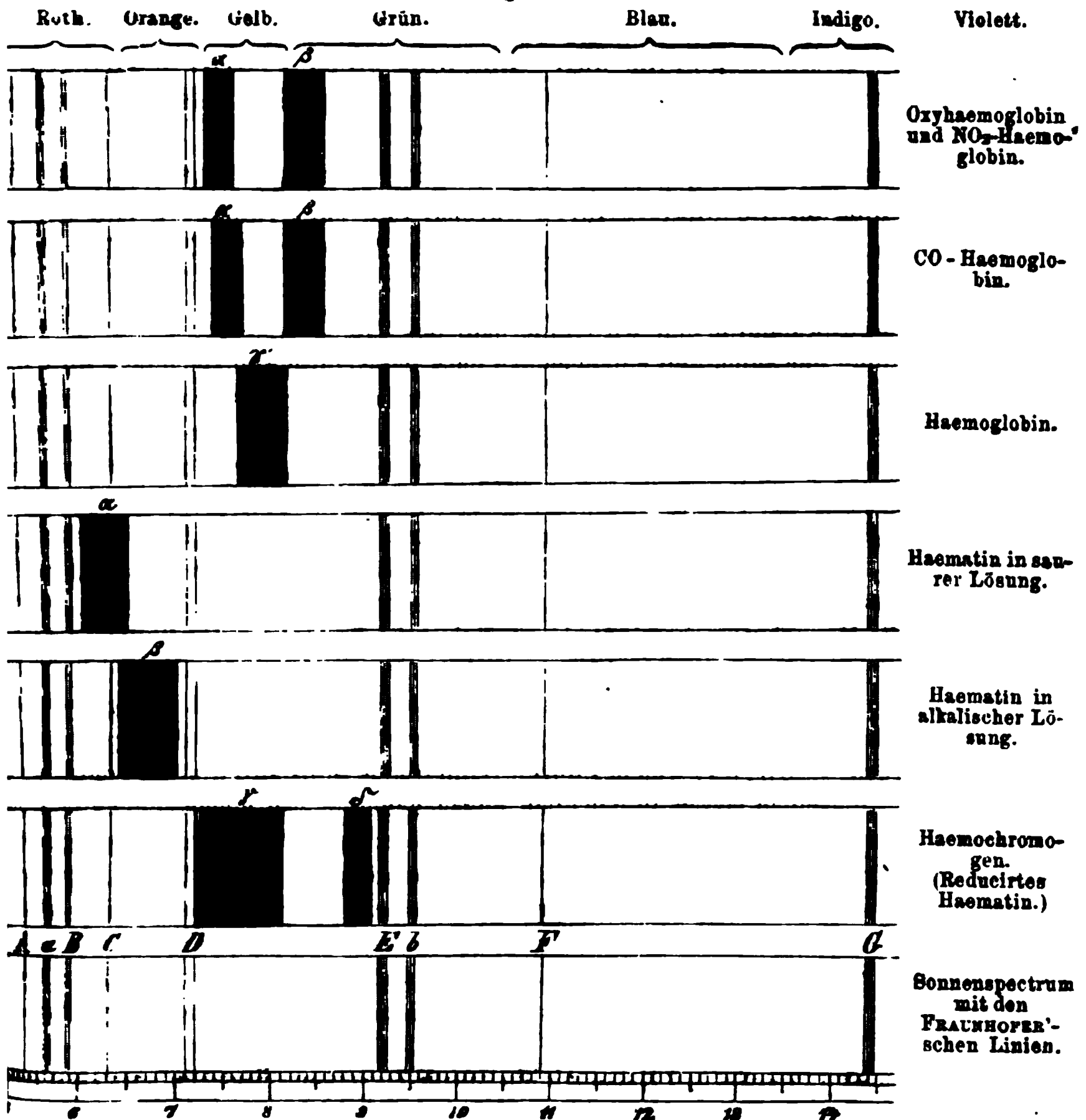
In Beziehung auf die Gewinnungsmethode der Kohlensäure ist zu bemerken , das gesagt, nach der Methode von PFLÜGER ein Säurezusatz zum Blute zur Austreibung des le nicht nöthig ist, da in dem Blute bei dem vollkommenen Entgasen eine Säure entsteht, die chemische Zersetzung selbst zu übernehmen vermag. Diese Säure des Blutes ent: oder aus den Blutkörperchen. Sie entsteht in grösserer Menge bei Anwesenheit von mehr stoff, also im arteriellen Blute, und in venösem Blute, das mit Luft geschüttelt wurde, w aus den Beobachtungen von PFLÜGER, SCHÖFFER und PREYER ergibt, dass die Kohlensäure ter aus den genannten Blutarten entweicht. Es scheint sich also die Säure durch Oxy in dem Blute zu bilden. Nach den Untersuchungen HOPPE-SEYLER's entstehen bei d setzung des Haemoglobins stets neben den Hauptspaltungsprodukten auch organische S unter denen er Ameisensäure und Buttersäure erkannte. PFLÜGER deutete darauf hin eine Säurebildung im normalen, kreisenden Blute stets stattfinden möchte , die in ah Weise sich an der Austreibung der Kohlensäure betheiligen würde. Nach me i n e n Be tungen, dass bei in der Zeit gesteigertem Stoffwechsel im Tetanus das Blut sogar im lei Organismus (bei Fröschen) sauer werden könne, scheint diese Annahme kaum eine Hyg mehr. Die Beobachtungen von ZUNTZ über Abnahme der Alkalescenzenz des Blutes bei de sterben desselben cf. oben.

Das optische Verhalten des Haemoglobins.

Die Krystalle des Oxyhaemoglobins sind doppeltbrechend und pleoch tisch. Reine Oxyhaemoglobinlösung zeigt eine schöne rothe Farbe , wer unter Luftzutritt hergestellt wurde. Man beobachtet die Wirkung der Blu stoffe auf das durchfallende Licht , indem man Lösungen derselben von selndem Gehalte und gleicher Schichtdicke vor den Spalt eines Spect apparatus bringt und das Spectrum unter diesem Einfluss beobachtet (H SEYLER). Concentrirtere Blutlösungen lassen nur den rothen Theil des Spec sichtbar. Bei fortgesetzter Verdünnung tritt Aufhellung bis zur FRAUNHOFER Linie D ein , dann tritt Licht zwischen der Linie E und F im Grün auf.

terer Verdünnung kommt das Spectrum bis zum Violett zur Erscheinung. bleiben nur zwei dunkle Absorptionsstreifen im grünen Theil des Spectrums zwischen *D* und *E*, die noch bei einer Lösung von  $\frac{1}{10000}$  Hämoglobin in 1 cm dicker Schicht nicht übersehen werden können. Der

Fig. 94.



Der Absorptionsstreif ( $\alpha$ ) ist schmaler, dunkler und besser begrenzt, als der  $\beta$ , ihm durch einen hellen Zwischenraum getrennte zweite ( $\beta$ ). Mit zunehmender Verdünnung verschwinden sie (zuerst  $\beta$ ). Durch die Beobachtungen von STOKES ist es erwiesen, dass diese beiden Absorptionsbänder dem Oxyhaemoglobin angehören. Durch Zubringen von Sauerstoff absorbirenden Substanzen zur Blutlösung schwinden die beiden Streifen, während an ihrer Stelle in dem hellen Raum, den sie zwischen sich liessen, ein breiter Schatten aus verwaschenen Rändern ( $\gamma$ ) auftritt. Dieser einfache Absorptionsstreifen entspricht dem (sauerstofffreien) Haemoglobin. Durch Schütteln mit Luft bringt man das Haemoglobin wieder Sauerstoff auf, verwandelt sich zurück in Oxy-

haemoglobin, die Lösung zeigt wieder die beiden Absorptionsbänder ( $\alpha$  und  $\beta$ ), die durch reducirende Mittel wieder in das einfache Band des Haemoglobins übergeführt werden können. VIERORDT lehrte die beiden Blutfarbestoffe im lebenden Menschenkörper direkt zu beobachten. Presst man zwei Finger fest aneinander und hält die Grenzlinie beider vor den Spalt des Spectralapparats, so zeigen sich die Oxyhaemoglobinstreifen. Unterbricht man dabei die Circulation in den Fingern durch Zusammenpressung mittelst Kautschukringen, so tritt das Band des Haemoglobins auf. Das Blut eines Tiefermüdeten hat (VIERORDT, LENDNER) einen geringeren Oxyhaemoglobingehalt als das Blut eines eben durch den Schlaf gestärkten Menschen.

Die rothen Blutkörperchen zeigen im Mikrospektrum dasselbe Verhalten wie Haemoglobinlösungen (HOPPE-SEYLER, PREYER, STRICKER). Ein Blutkörperchen des gesunden Menschen enthält nach MALASSEZ 27,7 — 31,9 Mikro-Milligramm Haemoglobin.

Von den Gewebsbestandtheilen wird innerhalb des Capillarsystems, wie oben gezeigt dem Oxyhaemoglobin der Sauerstoff entzogen, so dass das venöse Blut Haemoglobin enthält. Zur Anstellung des Grundversuches mit dem Spectralapparat kann man verschiedene leicht reducirende Flüssigkeiten verwenden, z. B. ein Gemisch von Eisenvitriol, Weinsäure und überschüssigem Ammoniak (STOKES), das man tropfenweise zusetzt, oder Schwefelammonium oder eine ammoniakalische Lösung von weinsaurem Zinnoxidul. Durch die beiden letzteren Flüssigkeiten, die farblos sind, wird die Farbe des Blutes dem venösen Blute ähnlich, das Roth nimmt ab, es bekommt einen Stich ins Bläuliche, in dünnen Schichten erscheint es grün. Durch reducirende Stoffe wird sonach das monochromatische Haemoglobin dichromatisch. Sauerstoff stellt die Monochromasie wieder her. (Ueber die Zersetzung des Blutfarbestoffs cf. S. 395).

Leitet man in die Blutlösung Kohlenoxydgas, so tritt eine leichte Verschiebung des ersten Streifens des Oxyhaemoglobins ( $\alpha$ ) nach dem zweiten zu ein, es ist das das Spectrum des Kohlenoxyhaemoglobins, welches durch reducirende Substanzen nicht sofort verändert werden kann, dieselben lassen in der oben angegebenen Weise angewendet die beiden Absorptionsstreifen bestehen. Wenn das Blut nicht vollkommen mit Kohlenoxyd gesättigt, wenn also noch Oxyhaemoglobin neben Kohlenoxydhaemoglobin in der Lösung vorhanden ist, so zeigt sich bei Anwendung reducirender Substanzen zwischen den bleibenden Absorptionsbändern des letzteren der Schatten des reducirten Haemoglobins. Analog wie Kohlenoxyd verhält sich Stickoxyd, seine nach Anwendung reducirender Stoffe bleibenden beiden Absorptionsbänder stimmen mit denen des Oxyhaemoglobins, wie es scheint, vollkommen überein.

Alle Einwirkungen, welche aus Haemoglobin durch Zersetzung Haematin entstehen lassen (S. 395), verändern auch das Spectrum des Blutes, wie schon der Uebergang des Roth der Lösung in Braun und Grün andeutet. Die nach solchen Einwirkungen im Spectrum erscheinenden dunklen Absorptionsstreifen werden von dem Haematin erzeugt. Das Haematin hat in saurer und alkalischer Lösung eine verschiedene Farbe, ebenso zeigt sich auch das Spectrum verschieden. Setzt man zu einer etwas concentrirteren Lösung von Blutroth oder Blut etwas Essigsäure, so schwinden die Streifen des Oxyhaemoglobins ( $\alpha$  und  $\beta$ ), und es tritt ein neuer Streifen auf, welcher die FRAUNHOFER'sche Linie C an der Grenze des Roth zu Orange deckt (im Haematin spectrum). Uebersättigung mit Alkali schiebt den Streifen an die Grenze des Gelb nach D hin ( $\beta$ ), und man kann willkürlich durch Ansäuern oder Alkalischnachen die beiden Streifen abwechselnd hervortreten lassen, von denen der in alkalischer Lösung weniger scharf begrenzt erscheint. Behandelt man die Haematin-Lösung mit der oben beschriebenen Lösung von Eisenvitriol (STOKES'sche Flüssigkeit), so treten zwei dunkle Streifen des reducirten Haematins, Haemochromogens (HOPPE-SEYLER), auf ( $\gamma$  und  $\delta$ ), von denen

etwa an derselben Stelle beginnt, wie der erste ( $\alpha$ ) des Oxyhaemoglobins, aber viel tiefer, der zweite ist weiter gegen Grün ( $E$ ) zugerückt als der zweite des Oxyhaemoglobins. Wenn man die Absorptionsstreifen des reducirtten Haematins verwechseln könnte, so würde man sie mit Luft verschwinden letztere aber gänzlich (KÜHNE). PREYER versetzte

Blutlösungen mit Aethyläther und sehr wenig Eisessig, er bekam dann ein Haematrum mit 4 Absorptionsstreifen, das er einem krystallisbaren Haematin, das Haematoin nennt, zuschreibt. Ein Absorptionsstreifen liegt zwischen  $C$  und  $D$ , zwei zwischen  $D$  und  $E$ , von denen der erste sehr schwach, der zweite stark ist, der vierte liegt dasselbe Spectrum sah zuerst STOKES. Es entsteht auch durch einen mit schwefeligem Alkohol bereiteten Blutauszug, ferner gaben viele Säuren (Oxalsäure, Phosphorwolframsäure) mit verdünntem Blut oder Sauerstoffhaemoglobin mit oder ohne Aether Absorptionsstreifen. In siedender Essigsäure gelöste Haeminkrystalle zeigen dasselbe Spectrum. Der Unterschied des Haematoin von Haemin oder Haematin ist noch nicht bestimmt, da die angebliche Entstehung ohne Kochsalz dafür kaum beweisend sein dürfte. Wenn man nur wenig Säure zum Blut, so wird, wie LOTHAR MEYER und PFLÜGER angaben, das Eisen fest gebunden. Hierbei entsteht Peroxhaemoglobin, ein höher oxydirtes Haemoglobin (AXEL JÄDERHOLM), welches bei Einwirkung vieler oxydirender Substanzen entsteht. Es zeigt in saurer und alkalischer Lösung die 4 Absorptionsstreifen des Haematins.

PREYER gab an, dass man durch reducirende Mittel aus Haematin wieder Oxyhaemoglobin erzeugen könne, es beruhte das wenigstens z. Thl. auf einer Verwechselung des reducirtten Haematins mit Haematin. Ein eisenhaltiges, saures Haematin soll nach PREYER durch Reduciren, das Haematin in saurer Lösung sei eisenfreier Farbstoff mit Eisenoxydul in Lösung, eine Meinung, welche AXEL JÄDERHOLM als irrig widerlegte.

**Untersuchungsmethode.** — Das Spectroscop besteht im Wesentlichen aus einem durchbrechenden Prisma, durch welches der Lichtstrahl in sein Spectrum zerlegt wird. Das Prisma ist bedeckt und es wird ihm Tageslicht oder das Licht einer (für die optische Blutuntersuchung) leuchtenden Petroleum- oder Gasflamme durch ein Rohr zugeführt, dessen oberes Ende der Flamme zugekehrtes Ende bis auf einen feinen vertikalen Spalt verschlossen ist, durch den das Licht eintreten kann. An dem gegen das Prisma gekehrten Rohrende befindet sich eine achromatische Linse, durch welche die Lichtstrahlen parallel gemacht werden. Wenn die eine Prismafläche ist ein astronomisches Fernrohr gerichtet, dessen Objectiv die Linse ist, dass das Spectrum in das Fernrohr eintretend dem Auge des Beobachters (etwa 10mal) vergrößert erscheint. In den kleinen STEINHEIL'schen Spectroscopen trägt ein Rohr eine Millimeterscala auf einer Glasplatte, welche mit Stanniol so weit bedeckt ist, dass nur der schmale Streifen mit den Theilstrichen und Zahlen sichtbar bleibt. Das Rohr wird durch eine dicht davor aufgestellte Lampe oder Kerze beleuchtet. Das durch Reflexion entstehende Spiegelbild der Millimeterscala erscheint in Folge der Stellung des Rohrs im Beobachtungsfernrohr an demselben Ort wie das Spectrum, so dass die gegenseitige Entfernung der Spectrallinien und Absorptionsbänder unmittelbar abgelesen werden können.

**Farbstofflösungen,** welche spectroscopisch geprüft werden sollen, bringt man in das Rohr, das das Licht und den Spalt der erstgenannten Röhre, so dass das Licht durch die Lösung in den Spalt eintritt. Man kann zur Aufnahme der Lösungen Proberöhrchen verwenden, oder auch die von HOPPE-SEYLER angegebenen Glaskästchen mit (planparallelen) Spiegeln, deren Abstand 4 Centimeter beträgt (Haematinometer). Die vier Glasplatten des Kästchens sind auf einander geschliffen, und werden durch einen auseinandernehmbaren Rahmen aus Metall mit Fuss gehalten. Man kann für viele Zwecke, wie bei dem VOGEL'schen Hämoglobinprobe, die Gläser auch definitiv in dem richtigen Abstand einkitten lassen. Bei der spectroscopischen Untersuchung auf gewisse chemische Elemente, namentlich Metalle, verwendet man bekanntlich nicht leuchtende Flammen, sondern eine Gaslampe oder eine Wasserstoffflamme, in denen man die betreffenden, zu

untersuchenden Stoffe glüht, wodurch die ihnen zugehörnden discontinuirlichen Spectren helle Linien z. Th. mit den dunklen FRAUNHOFER'schen zusammenfallen, erzeugt werden. Die Natronflamme gibt z. B. eine einzige intensiv gelbe Linie auf dunklem Grunde entsprechend der FRAUNHOFER'schen Linie *D*; Thallium gibt eine grüne, Kali eine rothe und eine blaue Linie auf fast dunklem Grund, wodurch die Erkennung dieser Stoffe und vieler anderer ermöglicht ist.

E. RAY-LANCETER hat die in der Flüssigkeit gelösten Blutfarbstoffe niedere Thiere spectroscopisch untersucht und gezeigt, dass manche derselben mit dem Haemoglobin, wie schon oben erwähnt, nahe verwandt sind oder übereinstimmen. L. FAÉDÉAU fand im Plasma des Blutes von Polypen (*Octopus vulgaris*) eine ungefärbte albuminoide Substanz, welche sich wie das Haemoglobin mit Sauerstoff lose verbindet zu einem Körper mit gesättigter blauer Farbe: Haemocyanin; im Vacuum, in Berührung mit lebenden Gewebe, beim Aufbewahren in einem geschlossenen Gefäss gibt er wie Oxyhaemoglobin den Sauerstoff ab und wird farblos; anstatt des Eisens im rothen Blutfarbstoff enthält dieser neue Blutfarbstoff Kupfer (S. 408).

K. VIERORDT prüfte das spectroscopische Verhalten verschiedener thierischer Farbstoffe. Die gelben Farbstoffe des Blutserums, des Harns, der Hydroceleflüssigkeit stimmen darin überein, dass die Absorption des Spectrums vom Roth gegen das violette Ende hin zunimmt, im Einzelnen zeigen sie aber so grosse Differenzen, dass man sie als verschiedene Farbstoffe betrachten muss. Dagegen constatirte VIERORDT, dass spectroscopisch der normale Harnfarbstoff immer die gleiche Substanz ist.

Die Absorptions-Spectren der Gallfarbstoffe, Lösungen von Bilirubin in Chloroform, zeigen nach VIERORDT keinen Absorptionsstreifen, dagegen zeigt die alkoholische Lösung des Biliverdin einen schlecht begrenzten in Roth.

### Verschiedenheiten in der Blutzusammensetzung.

Es finden eine grosse Anzahl von Einflüssen auf die Zusammensetzung des Blutes im Organismus statt, und zwar nach den verschiedenen Gefässbezirken sehr wechselnde. Besonders war es die Pathologie, welche von verglichenen Blutanalysen in Krankheiten sich eine grosse Hülfe für die Diagnose versprach, da man mit Sicherheit voraussetzen zu dürfen glaubte, dass durch die krankhaften Stoffwechselverhältnisse des Körpers gesetzten Blutveränderungen gross genug sein würden, um sich der chemischen Analyse nicht zu entziehen. Die Erwartungen der Pathologie wurden bisher ziemlich getäuscht. Der Grund liegt vor Allem darin, dass die Methoden der Untersuchung noch immer eine vollkommenere Ausbildung vermissen lassen, und dass die normalen Verschiedenheiten der Blutzusammensetzung an einer und derselben Stelle unter scheinbar unveränderten Bedingungen so gross sein können, dass auch bedeutende Schwankungen noch innerhalb der Grenzen der möglichen Fehlerquellen hereinfallen.

**Arteriell und venöses Blut.** Schon der alten Zeit ist der grosse Unterschied aufgefallen, den das Blut in den beiden Hauptgefässabschnitten, im arteriellen und venösen Systeme, zeigt. Diese Verschiedenheiten beziehen sich vor Allem auf die Farbe der beiden Blutarten. Während das venöse Blut dunkel, blauroth erscheint und einen deutlichen Dichroismus erkennen lässt, ist das arterielle Blut hellroth und nicht dichroitisch. Man erkannte früh, dass dieser Farbenunterschied sich von dem verschiedenen Gasgehalt des arteriellen und venösen Blutes herleitet. Schüttelt man venöses, dunkelrothes Blut mit Sauer-



oder lässt es nur an der Luft in dünner Schicht der Berührung mit Sauerstoff ausgesetzt, so wird es hellroth. Leitet man dagegen Kohlensäure ein oder titelt man das Blut damit, so verliert es wieder seine hellrothe Farbe und wird dunkel. Treibt man im Vacuum alle Blutgase aus, so wird das Blut in dünne Linien dicken Schichten schwarz.

Die Farbenänderung durch Sauerstoff rührt zumeist von einer directen Einwirkung desselben auf den Blutfarbstoff her. Auch Blutfarbstoff ausserhalb der Blutzellen zeigt noch die hellere Röthung durch Sauerstoff. Die dunkle Farbe scheint zunächst das Resultat des Sauerstoffmangels zu sein, da sie wie gegeben am stärksten im ganz gasfreien Blute auftritt. Von dem Auftreten des (sauerstofffreien) Haemoglobins rührt vor Allem der Farbenunterschied und Dichroismus des venösen Blutes her. Das Oxyhaemoglobin ist monochromatisch. Einen Antheil an den Veränderungen der Farbe des Blutes sollen auch die Blutkörperchen selbst haben und zwar durch Gestaltveränderungen, die sie erleiden können. Verdünnt man Blut mit Wasser, so wird seine Farbe dunkler, dem venösen ähnlicher, setzt man zu dunklem Blute ein Salz, so wird die Farbe mehr arteriell. Es ist unzweifelhaft, dass durch die Verdünnung mit Wasser und durch den Salzzusatz zu dem Blute die Form der Blutkörperchen eine andere wird. Durch Wasser schwellen sie auf und verlieren mehr oder weniger ihre bikonkave Gestalt, durch den Salzzusatz schrumpfen die Körperchen. Man hat diese Formschwankungen als Grund der Farbenänderung herangezogen. Jedes normale bikonkave Körperchen muss als Hohlspiegel wirken, das das Licht concentrirt zurückwirft. Die kugeligen Flächen der gequollenen Blutkörperchen werden dagegen das Licht zerstreuen. HARLESS behauptete, dass Sauerstoff die Blutkörperchen konkaver mache und schrumpfe, Kohlensäure sie aber aufschwellen lasse.

GORUP-BESANZ stellt die von NASSE, LEHMANN u. A. gefundenen Unterschiede zwischen arteriellen und venösen Gesamtbluten übersichtlich zusammen:

	Arterienblut:	Venenblut:
Farbe . . . .	heller und nicht dichroitisch	dunkler und dichroitisch
Gasgehalt . . . .	relativ mehr Sauerstoff	relativ mehr Kohlensäure
Wasser . . . .	mehr	weniger
Fibrin . . . .	mehr	weniger
Blutkörperchen .	weniger	mehr
Albumin . . . .	keine constante Differenz	keine constante Differenz
Fette . . . .	desgl.	desgl.
Extraktivstoffe .	mehr	weniger
Harnstoff . . . .	weniger (?)	mehr (?)
Salze . . . .	mehr	weniger
Zucker . . . .	mehr (?)	weniger (?)

Man darf bei dieser Tabelle nicht die im Allgemeinen nöthige Vorsicht bei der Beurtheilung der Ergebnisse der Blutanalysen vergessen. Die auffälligen Verschiedenheiten, welche z. B. für Lebervenen-, Leberarterien- und Pfortaderblut gefunden haben wollte, nach C. FLÜGGE nicht existiren, die Differenzen fallen seiner Meinung nach fast ganz in die Fehlergrenzen der Bestimmungsmethoden. Mit besseren Methoden als FLÜGGE arbeitete DRONOWSKI. Er fand, übereinstimmend in vier Versuchen, dass das Pfortaderblut von Hunden, welche mit Fleisch, Brot und Milch gefüttert waren, 3 Stunden nach der Fütterung mehr Stickstoff enthalte, als das Lebervenenblut, ebenso mehr Fett, dagegen enthält das Leber-

venenblut mehr Cholesterin und Lecithin, das Pfortaderblut ist reicher an Natriumphosphat; die Ergebnisse sind im Mittel:

	feste Stoffe :	Fett :	Natriumphosphat :
Pfortaderblut:	24,00	0,506	0,0524
Lebervenenblut:	22,78	0,085	0,0269

Das Lebervenenblut enthält frisch nur Spuren von Zucker (Pavy).

LANDOIS findet, dass die mit Kohlensäure behandelten »venösen« rothen Blutkörper lösenden Einflüssen viel rascher erliegen, als mit Sauerstoff behandelte »arterielle«. Serum von Hundeblood genügt, um die leichtlöslichen rothen Blutkörperchen der Kanin und Meerschweinchen aufzulösen; ein Wink für die Erklärung der verschiedenen Wirkungen des Blutes verschiedener Thiere bei der Transfusion.

CL. BERNARD hat gezeigt, dass das venöse Blut der auf Trigeminusreizung arbeitenden Speicheldrüsen sich in seiner Farbe ganz dem arteriellen ähnlich verhält. Es rührt das z. Th. daher, dass das Blut durch die während der Reizung erweiterten Gefässe grösserer Geschwindigkeit als sonst hindurchströmt und so nicht Zeit hat, seinen Sauerstoff so reichlich abzugeben wie sonst. Es beweist dieses aber nicht, dass die arbeitende Drüse etwa weniger Sauerstoff verbrauche als die ruhende, ihre bekannte Temperaturerhöhung während der Sekretion spricht für das Gegentheil. Wenn eine gleiche Volumeinheit Blut der arbeitenden Drüse weniger Sauerstoff abgibt als in der ruhenden, so strömt doch die erstere in den erweiterten Gefässen so viel mehr Blut in einer gleichen Zeit, dass die geringere Sauerstoffabgabe der einzelnen Bluteinheit dadurch noch überkompensirt wird.

Der Einfluss der Nahrung auf die Blutzusammensetzung ist theilweise nicht schwer ersichtlich. Nach fettreicher Nahrung finden sich die Fette im Blute vermehrt, so dass das Serum milchig getrübt erscheinen kann; nach Brodnahrung ist die Zuckermenge vermehrt. Nach gesteigertem Salzgenuss sind die Aschenbestandtheile des Gesamtblutes gesteigert. Sehr bemerkenswerth ist es, weil es mit unseren Anschauungen der übrigen Ernährungsvorgänge übereinstimmt, dass längeres Hungern und ebenso wirkende andauernde Säfteverluste oder wiederholte Aderlässe alle übrigen Blutbestandtheile vermindern, nur das Wasser vermehren: der Organismus wird im Ganzen, also auch sein Blut, durch diese Einflüsse wässriger. Umgekehrt wirkt Nahrungsaufnahme. Während der Verdauung ist nur der Wassergehalt vermindert und alle sonstigen Bestandtheile des Blutes vermehrt. In den ersten Hungertagen sinkt der Wassergehalt des Blutes. Länger fortgesetzte Fleischnahrung vermindert ebenfalls den Wassergehalt, vermehrt den Gehalt an Hämoglobin, Extraktivstoffen und Salzen. Vegetabilische Nahrung — wie die obigen Angaben ebenfalls den Resultaten der Gesamternährungsversuche entsprechend — vermindert dagegen den Blutwassergehalt, das Albumin und die Fette, vermindert aber das Fibrin, Extraktivstoffe und Salze. Fleischnahrung vermehrt, stickstoffarme Kost vermindert den Hämoglobingehalt des Blutes. Bei Hunden fanden SUBBOTIN und FORSTER letzteren bei Fleischnahrung im Mittel zu 13,75%, bei Brod zu 9,4 — 10,3%, bei stickstoffloser Nahrung zu 9,5%. Nach LEICHTENSTERN haben fette Personen einen relativ geringeren Hämoglobingehalt. Hunger steigert bei Kaninchen (bei allen Pflanzenfressern?) den Hämoglobingehalt.

Ueber den Einfluss der Muskel-Arbeitsleistung auf die Blutzusammensetzung weiss man, dass direct nach der Arbeit das Blut procentisch weniger Wasser enthält als während der Ruhe, da sich die Muskelzersetzungsprodukte, die sich während der Arbeitsleistung in grösserer Menge bilden, zuerst in ihm anhäufen (J. RANKE); das Blut (bei Fröschen) dabei eine saure Reaktion annehmen. P. SPIRO fand im Blute von Thieren, welche einige Zeit tetanisirt waren, viel Fleisch-Milchsäure: 350<sup>cc</sup> Hundeblood gaben 0,4 Gramm milchsaures Zink; 130<sup>cc</sup> Kaninchenblut (von zwei Thieren) sogar 1,222 Gramm. Bei Ausschluss der Ernährung oder mangelhaftem Wiederersatz des Mehrverbrauches durch die Arbeit der Muskel und der Gesamtorganismus wasserreicher werden, so wird es in Folge davon später auch das Blut, da sein Wassergehalt ein konstantes Verhältniss zeigt zu

**Wassergehalt der Gewebe (SCHORRIS):** In diesem Falle wirkt also übermässige Arbeit wie fortgesetzte Säfteverluste.

Auch Alter und Geschlecht sind von bestimmendem Einfluss auf die Blutzusammensetzung, und es kann uns dieses um so weniger Wunder nehmen, da wir ja wissen, dass diese eben genannten Begriffe fast vollständig durch verschiedene Ernährungszustände gedeckt werden, deren Einwirkung auf die Blutmischung wir schon besprochen haben. Männer haben weniger Wasser im Blute und mehr Blutkörperchen als Frauen und Greise. Das Blut der Frauen ist etwas fettreicher. In der Schwangerschaft soll das Fibrin des Blutes relativ vermehrt sein. Das Blut der Schwangeren bildet gern eine Speckhaut, was auf einer Verzögerung der Gerinnung oder Beschleunigung der Senkung der Blutkörperchen und Vermehrung des Fibringehaltes beruht. Das specifische Gewicht des Gesamtblutes ist dann geringer (H. NASSE), die Farbe dunkler, der Wassergehalt vermehrt, ebenso der Fettgehalt und das Fibrin, die löslichen Blutsalze und der Eisengehalt nehmen ab. Bei Milchabsonderung sinkt der Fettgehalt des Blutes.

PAXUM konstatierte durch zahlreiche Versuche (an Hunden) die Beobachtung DENIS', dass das Blut Neugeborener mehr feste Stoffe enthalte, als das Erwachsener. Im Blut der Mutter fand er 43,8%, im Blut der Neugeborenen zwischen 49,26—52,8% feste Stoffe, den relativen Haemoglobingehalt fand er u. a. bei den Neugeborenen beinahe um das Doppelte höher. Bald nach der Geburt wird aber das Blut der Säuglinge wasserreicher und sogar mehr, als das Erwachsener, ebenso relativ ärmer an Haemoglobin. O. LEICHTENSTERN bestätigt die letztere Angabe. Er findet den Haemoglobingehalt des Menschenblutes am kleinsten im Alter von 1½—5 Jahren, am höchsten zwischen dem 21. und 45. Jahre. Das Frauenblut ist im Allgemeinen um einige Procente ärmer an Farbstoff, als das Männerblut. Chronische Krankheiten, vor Allem Chlorose, Leukaemie, pernitiöse Leukaemie, Quecksilberkuren, eine Farbstoffverminderung, solche Leiden, bei denen das Blut »eingedickt« wird (Ileus), Fieber; fieberhafte Leiden gaben LEICHTENSTERN keine konstanten Resultate.

Das Menstrualblut zeichnet sich fast immer durch den Mangel der Faserstoffgerinnung aus, die entweder schon im Uterus stattgefunden haben mag oder, vielleicht durch Zureicherung des Schleims der inneren weiblichen Genitalien, verhindert wird. Das Mikroskop zeigt die Beimischung des Genitalschleims zu dem Blute.

Von den einzelnen Blutarten in den verschiedenen Gefässprovinzen ist an den speciellen Stellen die Rede. Pathologische Blutzusammensetzung cf. unten.

## Die Stoffvorgänge im lebenden Blute.

A priori könnte es wahrscheinlich erscheinen, dass im Blute, in welchem sich eine beträchtliche Anzahl von Zellen und zellenähnlichen Gebilden findet, nicht ganz unbedeutender Weise chemische Lebensvorgänge eintreten können.

Leider ist über den Wechselverkehr der Blutkörperchen mit der Blutflüssigkeit noch wenig erforscht.

Vor Allem müssen wir bei dem Leben der Blutkörperchen an Stoffaufnahme und -Abgabe denken. Dass unter Umständen Diffusion zwischen den Blutkörperchen und der sie umgebenden Flüssigkeit stattfindet, beweisen die Formveränderungen, welche wir erstere eingehen sehen bei Concentrationsschwankungen des Serums. Wir sehen, dass die physiologischen Verschiedenheiten in der Concentration z. B. durch Nahrungsaufnahme und Muskelbewegung mit Grössenverschiedenheiten der Blutzellen ebenso verknüpft sind, als directer Salz- oder Wasserzusatz zum Blute. NASSE hat die Diffusion zwischen Körperchen und Plasma direct nachgewiesen.

Wie Vieles bleibt aber noch dunkel! Woher rührt es, dass in den normalen Blutkörperchen sich die verschiedene Zusammensetzung der anorganischen und organischen Bestandtheile trotz dem Diffusionsverkehr ungestört erhalten kann? Woher kommt es, dass bei gewissen Krankheiten, z. B. Cholera, die Blutkörperchen diese Fähigkeit des Beharrens in ihrer chemischen Constitution verlieren? Wir finden im Cholerablutserum **Kalisalze** und Phosphorsäure in reichlicher Menge. Auf der Anwesenheit der ersteren beruhen zweifelsohne die Hauptkrankheitssymptome. BERNARD hat gezeigt, dass schon minimale Mengen von Kalisalzen, direct in das Blut gebracht, die normalen Functionen desselben und damit das Leben des Organismus vernichten. Die Cholerakrämpfe rühren von den freien Kalisalzen im Serum her, welche auf das Muskelsystem J. RANKE zuerst auf das Herz (TRAUBE) im Anfange erregend und dann ermüdend und lähmend wirken. Bei vielen Krankheiten mag die objective Ermüdung, die ihnen vorausgeht und sie begleitet, damit zusammenhängen, dass die Blutkörperchen nicht mehr im Stande sind, ihre Kalisalze in sich festzuhalten. NASSE zeigt, dass unter der Einwirkung von Kohlensäure die rothen Blutkörperchen feste Stoffe (Kalisalze?) an das Plasma abgeben und dafür Kochsalz aus letzterem in sich aufnehmen.

Bei dem Absterben des Blutes scheint eine analoge Veränderung in den Diffusionsvorgängen zwischen den geformten und flüssigen Blutbestandtheilen stets einzutreten. Auf sie lässt sich vielleicht zum Theil der (geringe Kaligehalt, der im Serum gefunden wird, beziehen, soweit es nicht von der Nahrung herrühren kann. Während des Absterbens bilden sich im Blute ebenso Zersetzungsprodukte wie in den übrigen Geweben, auch fixe Säuren entstehen dabei. LUCHSINGER findet, dass Erstickungsblut (sowie überhitztes Blut) starke reizende Wirkungen besitzt, welche auf chemische Veränderungen, die das Blut erlitten hat, zurückzuführen sind. Auf der Wirkung der fixen Säuren, welche sich mit der von NASSE constatirten der Kohlensäure combinirt, wird auch im Blute die Veränderung in den Diffusionsvorgängen beruhen. Unter der Wirkung einer Säure sahen wir auch die Muskelfaser Stoffe aufnehmen und abgeben; denen sie bei ungestörtem Chemismus den Eintritt wehrt, oder die sie in sich zurückhält. Mit der Veränderung der weissen Blutkörperchen bei dem Absterben tritt nach A. SCHMIDT die fibrinoplastisch wirkende Globulinsubstanz und das Faserstoffferment aus und betheiligen sich an der Ausscheidung des Faserstoffes.

PFLÜGER beobachtete, dass nach der Entleerung des Blutes aus der Arterie der Sauerstoffgehalt desselben abnimmt, während der Kohlensäuregehalt steigt. Das Blut enthält sonach Substanzen, die dem Oxyhaemoglobin den Sauerstoff entziehen, ein Vorgang, der im lebenden Blute fortwährend stattfinden mag ganz analog der Gewebsathmung, die wir unten noch näher kennen lernen werden. Man kann diese Veränderung des Gasgehaltes des Blutes **Blutathmung** nennen. Bei Säuerung des Blutes bindet das sich zersetzende Oxyhaemoglobin den Sauerstoff fester (PFLÜGER u. A.); es entsteht **Methaemoglobin** (HORPE-SMITH) oder **Peroxaemoglobin** (A. JÄDERHOLM). A. SCHMIDT hat im Erstickungsblute eine gesteigerte Blutathmung nachgewiesen, nach AFFANASSIEW findet die Sauerstoffbindung dabei nicht im Serum, sondern in den weissen oder rothen Blutkörperchen statt.

Ob die bis zur Gerinnung fortschreitenden chemischen Blutumwandlungen

in eine nachweisbare Temperaturzunahme im Blut veranlassen, wie nach MÜLLER schon von älteren Beobachtern: GORDON, THOMSON, MAYER gefunden wurde. Neuere Angaben von SCHIFFER, hält HOPPE-SYLER noch für unerwiesen.

Faulendes Blut entwickelt reichlich Ammoniak. S. EXNER hat gezeigt, dass diese Entwicklung durch die Anwesenheit (Durchleiten) von Sauerstoff gesteigert werde.

### Die Entstehung der rothen Blutkörperchen.

Die allgemeine Quelle der chemischen Stoffe, die das Blut zusammensetzen, ist uns aus unseren bisherigen Betrachtungen schon bekannt, sie stammen aus den Gewebsflüssigkeiten und dem Darminhalte. Die Lymphdrüsen und Milz, die Milz und das Knochenmark (NEUMANN), vielleicht auch Thymus und Schilddrüse mischen ihm die weissen Blutkörperchen bei.

Woher stammen aber die rothen Blutkörperchen?

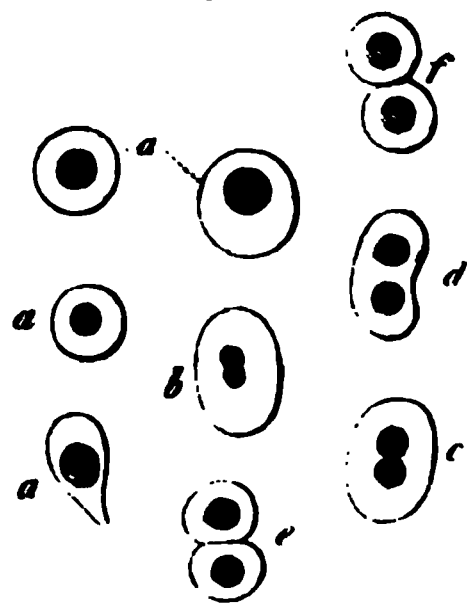
Diese Frage kann für den entstehenden Organismus mit ziemlicher Sicherheit beantwortet werden. Kugelige, kernhaltige, körnige Bildungszellen, welche im Innern der anfänglich soliden primären Gefässanlagen an jenen zu Blutinseln oder Blutpunkten werdenden Stellen

(Cap. XII) sich befinden und zuerst in Form und Aussehen den übrigen Zellen der Gefässanlage, wie es scheint, vollkommen entsprechen, werden zuerst blass, dann intensiver gefärbt, verlieren ihre Proto-  
makörnchen, lösen sich unter Bildung von Flüssigkeit — Blutplasma — von einander und sind als erste Blutzellen zu betrachten. Sie sind nun oxyhaemoglobinhaltig, besitzen einen oder mehrere Kerne, die erst durch Aufhellung ihres Inhaltes noch deutlicher werden. Sie sind kugelig, nicht abgeplattet wie die reifen rothen Blutkörperchen und ziemlich viel kleiner. Diese Entwicklungsformen oder embryonalen rothen Blutkörperchen oder Blutzellen vermehren sich anfänglich durch Theilung. Sie werden endlich, oft etwas abgeplattet wie die Blutkörperchen

des Frosches, es entstehen im Inhalt zwei oder selbst mehrere Kerne, um die die Zellenmembran abschnüren kann (Fig. 95) (REMAK, KÖLLIKER). Im Blut der Amphibienlarven (namentlich leicht bei Salamander) sind die Theilungsstadien der Blutkörperchen nachzuweisen (FLEMMING, PEREMESCHKO). Die Hämoglobine werden hier an Ort und Stelle geliefert oder gebildet, über den Bildungsmodus derselben ist bis jetzt nichts sicher erhärtet, nur so viel ist fest, dass die rothen Blutkörperchen, also auch die Hämoglobine, in ihrer Bildung nicht auf ein bestimmtes Organ beschränkt sind. Das Nähere über die embryonale Bildung im Gefässe und in den ersten Blutzellen cf. unten Cap. XII.

Mit der Entwicklung der Leber hört nach E. H. WEBER und KÖLLIKER der beschriebene Bildungsmodus der Blutkörperchen auf, dann scheint zunächst die Leber ein Hauptbildungsheerd der Blutkörperchen zu sein. Sie enthält dann zahlreiche Entwicklungsformen rother Blutkörperchen, es sind farbige, kernhal-

Fig. 95.



Blutkörperchen junger Hirschembryonen; bei a die meist kugeligen Zellen; b—f Theilungsprocess derselben.



tige, kugelige Zellen, aus denen in dem späteren Embryoleben die kernlose abgeplatteten Blutkörperchen entstehen. KÖLLIKER sah vorher den Kern in vielen Blutzellen klein werden, mit Neigung zu molekulärem Zerfall, endlich schwindet er ganz. Anfänglich machen die biconcaven Blutscheibchen noch die Minderzahl der rothen Körperchen aus. In der vierten Woche des Embryonalens fehlen sie noch ganz; bei einem dreimonatlichen menschlichen Embryo betragen sie im Leberblute  $\frac{1}{4}$ , in dem übrigen Blute  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$  der Gesamtmenge der Blutkörperchen. NEUMANN constatirte die früher von KÖLLIKER FAHRNER und SCHENK aufgefundenen Riesenzellen oder Haematocysten in der Leber von Embryonen. Sie erscheinen ihm als Auswüchse der Gefässwandungen, hervorgegangen aus gewucherten Gefässendothelien. Sie enthalten ihrem contractilen Protoplasma: farblose, kernhaltige Blutkörperchen und kernhaltige, gefärbte, embryonale, rothe Blutzellen. In ihnen scheinen wir einen Ort der Blutkörperchenbildung im Embryonalleben erkennen zu müssen. NEUMANN glaubt, dass die »jungen Blutkörperchen« durch Platzen der Mutterzelle befreit sich dem Blute zumischen.

Im Venenblute der Milz, in der Leber und im Knochenmark finden sich bei Erwachsenen zahlreiche Entwicklungsstufen rother Blutkörperchen mit Kernen. Das Haemoglobin soll nach FUNKE in den neu entstandenen rothen Körperchen besonders leicht krystallisiren. Bei Leukämie finden sich überall in der Blutbahn neben ziemlich normal gebauten rothen und weissen Blutkörperchen (die letzteren sind ungemein vermehrt und geben dem Blute eine weissliche Färbung, welche der Krankheit den Namen gegeben hat — Vinco) eine nicht unbeträchtliche Zahl von embryonalen, farbigen, kernhaltigen Zellen. ERB fand ähnliche Entwicklungsformen im Blute nach künstlichen Blutverlusten, was neuerdings durch BIZZZERO und SALVIOLI bestätigt wurde, welche dann namentlich die Milz wie das Knochenmark reich an solchen Formen fanden; sie zeigen sich auch nach KÖLLIKER im Blut saugender Mäuse. v. RUDOLPH LINGHAUSEN hat im mehrere Tage schon aus der Ader entleerten (Frosch-) Blut aus kleinen, ovalen »Uebergangszellen« unter Zutritt von Luft und Sauerstoff Bildung von rothen Körperchen wahrgenommen.

Untergang der rothen Blutkörperchen. Man hat den Blutkörperchen eine sehr lange Lebensdauer zuschreiben wollen. Es ist sicher erwiesen, dass sich unter Umständen sehr grosse Mengen von Blutkörperchen in kurzer Zeit neu bilden können, z. B. nach starken Blutverlusten, nach denen sich die Blutmenge bald wieder ergänzt zeigt, andererseits scheint in der Milz und Leber neben der Neubildung, stets ein massenhafter Zerfall von rothen Körperchen stattzufinden. Bei der Besprechung der Gallenwirkung wurde erwähnt, dass die Galle die rothen Blutkörperchen auflöse, die Bildung der Gallenfarbstoffe, die wohl sicher aus dem Blutfarbstoff hervorgehen, spricht direct für eine Blutkörperchenzerstörung, ebenso das unten zu besprechende Verhalten der Leberblutkörperchen. In der Milz ist es die Bildung von pigment- und blutkörperchenhaltigen Zellen, die für einen Untergang der Blutkörperchen spricht. Doch geht der Zerfall wohl überall im Blute vor sich. Auch im Knochenmark behauptet BIZZZERO, dem jedoch NEUMANN widerspricht. Man hat sich bei der Frage nach dem Untergang der rothen Blutkörperchen auch an die Beobachtung zu erinnern, dass sie durch Harnstoff aufgelöst werden, der sich in der Leber und in



ymphdrüsen dem Blute der Kapillaren an Ort und Stelle wohl in einer genügenden Concentration beimischen wird, um seine Wirksamkeit in der angegebenen Weise zu entfalten.

Dass die Milz und die Lymphdrüsen in einer gewissen nahen Beziehung zur Blutbildung stehen, geht daraus hervor, dass die oben genannte Blutkrankheit, die Leukämie, mit einer Erkrankung (Vergrösserung) der Milz und Lymphdrüsen Hand in Hand geht. NEUMANN hat einen solchen Zusammenhang auch für das Knochenmark festgestellt.

### Die Blutdrüsen, die Bildungsstätten der rothen Blutkörperchen.

**Die Milz.** Man hat die Milz eine Blutdrüse genannt und ihr in Gemeinschaft mit den anderen Drüsen ohne Ausführungsgang, denen man dieselbe Bezeichnung gab, eine besondere Betheiligung an dem Blutbildungsprocesse, namentlich an der Bildung und Zerstörung der rothen Blutkörperchen, zugeschrieben. Vieles ist hier noch dunkel und um so mehr, da es, wie schon PLINIUS wusste, gelingt, Thiere nach Exstirpation der Milz am Leben zu erhalten, so dass man diese Operation auch für den Menschen vorzuschlagen gewagt hat.

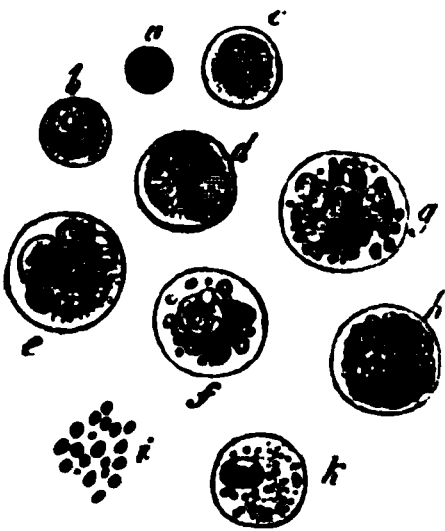
Unstreitig aber ist die Milz unter den Blutdrüsen besonders wichtig. Ihr anatomischer Bau nähert sie den Lymphdrüsen an (LEYDIG). Sie besitzt eine dicke, feste, fibröse Hülle, die von dem Bauchfelle einen serösen Ueberzug erhält. Diese Faserhülle (Tunica fibrosa) sendet Fortsätze in grosser Zahl in das Innere des eigentlichen Milzgewebes ab, die sich sehr mannigfaltig verästeln und unter einander zusammenhängen, so dass ein reiches Maschenwerk gebildet wird, oder vielmehr eine sehr bedeutende Anzahl unter einander communicirender Hohlräume von unregelmässiger Gestalt. Die Faserhülle und die an der Bildung des Maschenwerks betheiligten Balken — Trabeculae lienales — bestehen beim Menschen überwiegend aus Bindegewebe mit elastischen Fasern. In einigen Thieren, besonders bei dem Hunde, finden sich darin zahlreiche organische Muskelfasern. FREY und MEISSNER fanden sie spärlich auch beim Menschen. In den durch die Balken gebildeten Hohlräumen liegt das eigentliche Milzgewebe: die Milzpulpe, Pulpa lienalis. BILLROTH, FREY, KÖLLIKER u. A. haben uns gelehrt, dass diese Milzpulpe ganz ähnlich gebaut sei, wie das Drüsengewebe der Lymphdrüsen (S. 449). Es gelang an erhärteten Präparaten, durch Einspinseln ein feines Netzwerk von unter einander verbundenen, meist kernhaltigen Fasern darzulegen, welches sich als feinste Verzweigung der immer zarter werdenden Milzbalken zu erkennen gibt. An einzelnen dieser feinsten Fasern lassen sich noch Kerne nachweisen. E. KLEIN behauptet, dass diese kernhaltigen Gebilde nicht Fasern, sondern flachen, kernhaltigen Endothelien ähnlich seien und ein feines bienenwabenartiges communicirendes Fachwerk in der Milz begrenzen. Innerhalb dieser Fächer sind die Gewebszellen der Milz eingelagert, und zwar sind die ersteren so klein, dass häufig nur eine einzige, ein anderer Mal zwei oder drei Zellen in einer solchen Platz finden. Die Blutgefässe, welche die Milz in grosser Anzahl besitzt, theilen das Milzparenchym in ziemlich regelmässige Abschnitte.

Die Zellen des Milzgewebes sind nach KÖLLIKER rundlich, einkernig, zwischen 0,006 — 0,01 mm in der Grösse schwankend und mit den Zellen der

später zu beschreibenden sog. Milzbläschen übereinstimmend. Neben finden sich einige grössere blasse zellenartige Gebilde und dann sehr bis zu 0,02 mm entweder blass oder reichlich mit Körnchen gefüllt: Körnchenzellen. Ausser diesen farblosen Zellen kommen in der Milzpulpe auch Blutkörperchen vor, entweder von normaler Gestalt und Farbe oder in Stadien des Zerfalles. Sie lagern hierbei sich meist zu mehreren zusammen, wenn sie ganz zerfallen sind, dunkel gefärbte Farbstoffpigmenthaufen. Hier und da sieht man Pigmentkörnchen in reichlicher in Zellen eingeschlossen, so dass diese ganz das Aussehen von Pigment erhalten können. KÖLLIKER und ECKER zeigten, dass auch zellenähnliche Gebilde, die mit einer Hülle mehrere Blutkörperchen, letztere meist mit den Zeichen des Zerfalles umschliessen, in der Milzpulpe vorkommen: Blutkörperchenhaltige Zellen. Diese Gebilde haben verschiedene Deutungen (Fig. 96), FREYER und A. KUSNEZOFF halten sie für amöboide Zellen, die Blutkörperchen eingeschluckt haben (oben S. 418). Der Vorgang ist physiologischer. In den Zellen findet der Zerfall der Blutkörperchen und Umwandlung in Pigment statt. KUSNEZOFF will den Vorgang des Einschluckens vielfach direct beobachtet haben. Wahre Entwicklungsformen, etwa normale rothe Blutzellen, lassen sich normal im Blute der Milz erwachsener Menschen und Thiere nicht constatiren, von letzteren nur beim Schwein. Blut in allen Gefässprovinzen kernhaltige rothe Blutzellen enthalten soll (E. N. und FREYER); dagegen finden sie sich reichlich im Milzblut der Thiere nach bedeutenden Blutverlusten (cf. S. 446, 420).

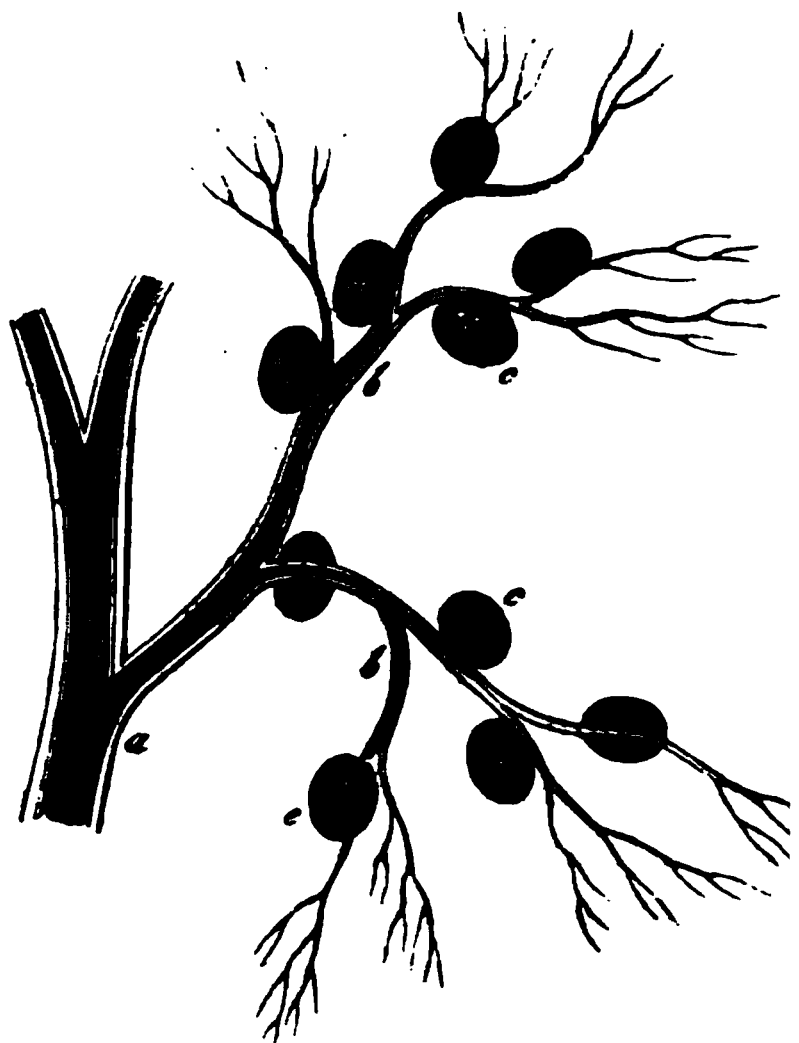
In die rothe Milzpulpe finden sich zahlreiche, weisse, rundliche Körper eingelagert: Milzkörperchen, Milzbläschen, MALPIGHI'sche Bläschen, Corpuscula Malpighii. Sie sind mit unbewaffnetem Auge sichtbar.

Fig. 96.



Zellen aus der Milzpulpa des Menschen, Ochsen und Pferdes. *a—d* Vom Menschen. *a* Freier Kern; *b* gewöhnliche Zelle (Lymphkörperchen); *c* gekernte Zelle mit einem Blutkörperchen (?) im Innern; *d* mit zweien; *e* solche mit mehreren Blutkörperchen vom Ochsen; *f* eine Zelle desselben Thieres mit fettartigen Körnchen. *g—k* Vom Pferde. *g* Eine Zelle mit mehreren frischen Blutkörperchen und den Körnchen letzterer Figur; *h* Zelle mit einem Körnerhaufen; *i* derselbe frei; *k* Zelle mit farblosen kleinen Molekülen.

Fig. 97.



Aus der Milz des Schweines. Ein Arterienast *a* von dem ein Ast *b* umhüllt, mit seinen Zweigen *b* und den ansitzenden Malpighischen Körperchen.

haben im Durchschnitt eine Grösse von 0,36 mm. Sie stehen in einer nahen Beziehung zu den feinsten Arterienzweigen, an denen sie in grosser Anzahl wie Beeren ansitzen (Fig. 97). Sie stimmen im Bau mit den einfachsten Lymphdrüsen, den Follikeln (GERLACH), überein. Sie besitzen keine sie vollkommen von der Umgebung abtrennende Hülle. Die Fasern des feinen Balkenetzes, in denen sie sich eingelagert finden, verflechten sich nur dichter und enger an ihrer Oberfläche, doch so, dass noch feine Gewebslücken übrig bleiben. — Die Adventitia, die Bindegewebshaut der Arterien, zieht sich über die Arterien gehefteten Milzbläschen fort, so dass diese als eine Verdickung der Adventitia erscheinen, in welche reichlich zellige Elemente eingelagert sind. Die Zellen sind mit denen in anderen elementaren Lymphdrüsen identisch. Sie sind rundlich, körnig, meist mit nur einem Kern, eingebettet in eine weisshaltige, in der Hitze gerinnende, neutral(?) reagirende Flüssigkeit. Schon geringe deletäre Einwirkungen zerstören die Zellen, so dass dann neben ihnen eine grosse Anzahl freier Kerne sich findet, die in den lebenden Bläschen fehlen. In den Bläschen findet sich auch wie in den Follikeln der Lymphdrüsen ein feines Kapillarnetz.

Die Blutgefässe bilden einen Haupttheil der Milzpulpe. Die Arterien verzweigen sich sehr fein, bekommen die beschriebenen beerenförmigen Anhangsorgane der Milzbläschen und lösen sich endlich in Büschel feinsten Aestchen, die sogenannten Penicilli, auf, welche dann in eigentliche Kapillaren übergehen. Die Venen sind weit und bilden mit ihren feinsten Zweigen ein reiches, venöses Netz. Die Arterienkapillaren gehen in diese weiteren Venenkapillaren nach Einigen überall direct über (BILLROTH, KÖLLIKER u. A.). Man hat früher an, und auch neuerdings wird das Gleiche wieder gelehrt (MÜLLER, E. KLEIN), dass die Blutgefässe ganz analog in offener Verbindung mit dem zellenhaltigen Milzgewebe stünden, wie die Lymphgefässe mit dem Lymphdrüsengewebe, so dass das aus den Arterien zugeführte Blut durch das Maschenwerk des Milzgewebes sickern müsse, um sich dann in den Venen mit den Elementen der Milz — weissen Blutkörperchen — beladen wieder zu sammeln, ähnlich wie bei den Lymphdrüsen der Inhalt der Vasa afferentia in die Vasa efferentia hinein gelangt.

Die Lymphgefässe der Milz unterscheidet man in oberflächliche und tiefe (TOMSA und KYBER). Erstere senden von einem dichten Plexus in der Kapsel Stämme in die Trabekeln, um mit den tiefen, die mit den Arterien einströmen, zu anastomosiren. — Die Nerven, welche die Milz in reicher Anzahl enthält, zeichnen sich durch ihren Reichthum an marklosen (REMAK'schen) Fasern aus. Sie verlaufen mit den Arterien. W. MÜLLER und SCHWEIGGER-SEIDEL beschreiben ellipsoidische Körper mit einem centralen Kapillargefäss als Nervenorgane.

Nach W. MÜLLER zeigen die Milzkapillaren in der Regel den Bau ausgebildeter Kapillaren, bisweilen sind sie von unverschmolzenen protoplasmareichen Zellen aufgebaut (SCHWEIGGER-SEIDEL's Uebergangsgefässe). Endlich wird ihre Kontinuität unterbrochen, indem eine homogene Wandung in schmale, den Zellen anliegende Streifen sich sondert und in das Maschennetz der Pulpa übergeht. Durch diese Lücken strömt das Blut in die von den Zellennetzen der Pulpa umfriedigten Hohlräume, die intermediären Blutbahnen. Aus

letzteren sammle sich das Blut in den Venenanfängen, die als siebförmig durchbrochene, lediglich von lymphkörperchenartigen Zellen begrenzte Hohlräume beginnen sollen.

**Die Blutkörperchen des Milzvenenblutes.** Im Milzvenenblute hat zuerst FUNKER jene z. Thl. schon besprochenen Modificationen der Eigenschaften der rothen Blutkörperchen entdeckt, welche er als einen Beweis für die Anschauung betrachtete, dass in der Milz nicht nur eine grosse Anzahl rother Blutkörperchen zu Grunde gehen, sondern dass auch beim Erwachsenen die Milz ein Herd der Neubildung rother Blutkörperchen sei. Er glaubte einen Uebergang farbloser Zellen in gefärbte annehmen zu müssen. Sicher ist es, dass im Milzvenenblute eine sehr viel grössere relative Menge von weissen Blutkörperchen vorkommt, als in anderen Blutarten. HIRT fand hier auf 70 rothe 1 farbloses Blutkörperchen. Die rothen Blutkörperchen selbst sind kleiner, weniger abgeplattet, durch Wasser weniger leicht zerstörbar als andere Blutzellen, auch sollen sie keine »Geldrollen« bilden. Nach FUNKER's Ansicht deuten diese Eigenschaften darauf, dass diese eigenthümlichen Blutkörperchen des Milzvenenblutes sich noch im Jugendzustande befinden. FUNKER hat zuerst in der Milzpulpe auch erwachsener Individuen zahlreiche Entwicklungsstufen rother Blutkörperchen, wie er sich ausdrückte: Uebergangsstufen von weissen in rothe Blutkörperchen, nachweisen können. Dann fand KÖLLIKER hier bei neugeborenen und säugenden Thieren kleine kernhaltige, gelbliche Zellen, die der Farbe nach von rothen Blutzellen kaum zu unterscheiden sind, und die er unbedingt für sich entwickelnde Blutzellen ansprach. E. NEUMANN's und FREYER's Angaben cf. S. 448.

**Die chemische Zusammensetzung des Milzgewebes.** — In dem Gewebe der Milz geht ein sehr energischer Stoffwechsel vor sich, wie die grosse Menge von Zersetzungsprodukten der primären Körperbestandtheile, die sich in ihr finden, beweist. Von N-losen finden sich: Inosit, Milchsäure, Bernsteinsäure, flüchtige Fettsäuren; von N-haltigen: Harnsäure, Harnstoff, Sarkin, Leucin, Tyrosin. Auffallend ist der hohe Eisengehalt der Milzasche, der weit grösser ist, als dass er aus einem restirenden Blutgehalte abgeleitet werden könnte. NASSE d. Ä. fand ihn zu 50/0 der trockenen Milzpulpe. Namentlich in der Milz alter Pferde fand er reichlich aus Eisenoxyd bestehende gelbliche Körnchen, welche mit schwacher Salzsäure und Blutlaugensalz sich blau färben. Daneben findet sich auch sehr viel Natron und wenig Kali. Die chemische Zusammensetzung der Milz eines Mannes fand OIDTMANN in 100 Theilen:

Wasser . . . . .	73,08
feste Stoffe . . . . .	24,97
davon organische . . .	24,23
-   unorganische . . .	0,74

In 100 Theilen enthielt die Asche: Kali 9,60, Natron 44,33, Magnesia 0,49, Kalk 7,48, Eisenoxyd 7,28, Chlor 0,54, Phosphorsäure 27,10, Schwefelsäure 2,34, Manganoxydul 0,08.

Das Eisenoxyd ist vielleicht z. Th. in Verbindung mit Phosphorsäure in der Milzflüssigkeit; doch gewinnt man es verbunden mit einem Eiweisskörper durch Fällung des kalten wässerigen Milzauszuges mit Essigsäure. Dieser Eisengehalt hat insofern eine höhere Bedeutung, als er vielleicht mit der Bildung des Haemoglobins für die hier neu entstehenden rothen Körperchen zusammenhängt (S. 396). Andererseits ist es denkbar, dass der Eisengehalt aus einer Zersetzung der Haemoglobine hervorgeht, da es ja sicher ist, dass viele rothe Blutkörperchen in der Milz zu Grunde gehen. Die aus den zerstörten Blutkörperchen entstehenden Farbstoffablagerungen, die Pigmente der Milz, sind eisenhaltig.

Die Grösse der Milz ist schwankend nach den verschiedenen Körperzuständen des Indivi

5. Innerhalb der Breite physiologischer Verhältnisse ist das Milzvolum am kleinsten und der Verdauung, wenn alle Verdauungsdrüsen zur Steigerung oder Hervorrufung Absonderungen eine vermehrte Blutzufuhr erfordern. Sobald sich nach der Verdauung die Gefässe der Eingeweide wieder verengern, beginnt die Milz sich zu vergrössern. Auch die Wucht der ausgebluteten Drüse nimmt dann zu, GRAY und SCHROENFELD fanden es 5—15 mal nach der Nahrungsaufnahme am bedeutendsten. Dann sollen auch die mit farblosen gefüllten Milzbläschen am grössten und am prallsten gefüllt sein. Man darf hier die Verwendung des reichlicheren Nahrungstoffes, welcher in dem Blute sich findet, das zu der angegebenen Zeit zuströmt, zu einer gesteigerten Neubildung von weissen Blutkörperchen und Zellen der Milzbläschen denken. Bei Hungernden, längere Zeit entnährten oder kranken Individuen zeigen sich die Milzbläschen viel weniger deutlich nach reichlicher, nahrhafter Kost.

**Milzblut.** — Ueber den chemischen Stoffverkehr zwischen Milz und Blut ist noch Weniges bekannt.

1. Das Milzvenenblut soll einen höheren Fibringehalt als das Blut der Milzarterie haben.

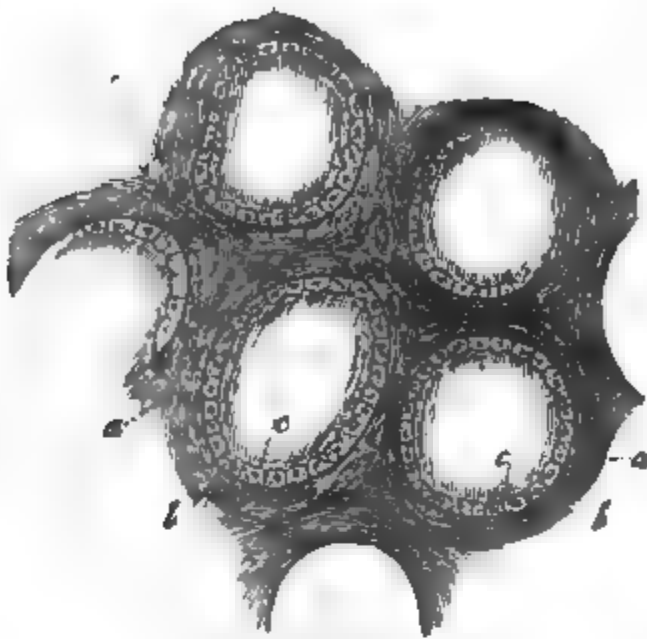
Der höhere Wassergehalt des Milzvenenblutes lässt eine Abgabe fester Stoffe an die Leber vermuthen und deutet vielleicht auf die Zerstörung von Blutkörperchen und Ablagerung von Stoffen im Milzgewebe. Während der Verdauung, wenn so viele absondernde Drüsen dem Blut Sauerstoff in gesteigertem Maasse entziehen, findet sich auch der Sauerstoffgehalt des Milzvenenblutes kleiner als im nüchternen Zustand (ESTAR und SAINTPIERRE). Die Untersuchungen H. RANKE's setzen die Harnsäurebildung mit der Milz in Beziehung. Bei der Verdauung mit Vergrösserung der Milz ist die Harnsäureausscheidung im Harn gesteigert. Die Ursachen, welche die Milz anschwellen machen (Chinin), setzen auch die Harnsäuremenge im Harn ab. Es zeigen sich tägliche Schwankungen der Harnsäureausscheidung, welche mit Verdauungsperioden, die auf die Milz von so entschiedenem Einfluss sind, zusammenhängen. Die Harnsäureausscheidung ist am stärksten in der Zeit nach der Nahrungsaufnahme. Bei Verdauungsstörungen sah LEHMANN mehr Harnsäure im Harn erscheinen. Das zusammengefasst mit der Beobachtung SCHERER's, dass im Milzsaft sich Harnsäure findet, macht es wahrscheinlich, dass wir in der Milz eine Stätte der Harnsäurebildung für den Menschen annehmen müssen. Auch Harnstoff wird in der Milz gebildet.

**Entwicklungsgeschichte.** — Bei allen Wirbelthieren bildet sich die Milz aus einem (oder verschiedenen gelagerten) Abschnitt des Peritoneums. Bei dem Menschen entwickelt sie sich im zweiten Monat (KÖLLIKER) im Magengekröse, dicht am Magen, aus einer Anlage, die dem Mesenterium Keimblatt (den Mittelplatten) angehört, aus kleinen Zellen. Nach KÖLLIKER treten Leber'schen Körperchen erst am Ende der Fötalperiode auf, nach W. MÜLLER sind sie schon in der Mitte des Embryonallebens anerkennbar. Nach demselben Autor beginnt die Bildung des Peritoneums durch Vermehrung der Bildungszellen für die Milzentwicklung zu derselben Zeit, in welcher das Pankreas die ersten Sprossen aus seiner Anlage hervorbringt. GÖTTE findet beim Hühnchen die erste Anlage der Milz mit derjenigen des Pankreas zusammenhängen.

**Vergleichende Anatomie.** — Eine Milz scheint nicht allen Wirbelthieren zuzukommen, bei Amphioxus und Myxinoiden ist sie nicht nachgewiesen. Sie lagert stets in der Gegend des Magens, meist am Cardiatheile desselben. Sie erscheint entweder länglich oder rund, von dunkelrother Farbe, hier und da kommen kleinere Nebenmilzen vor, bei manchen Thieren zerfällt die Milz in eine Anzahl kleinerer Läppchen. Im Allgemeinen ist der Bau der Milz sehr übereinstimmend (LEYDIG, GEGENBAUR u. A.), und zeigt nur in Beziehung auf die Art der Lymphfollikel bedeutendere Abweichungen. Bei den Schlangen und Eidechsen sind dieselben kugelige lymphzellenhaltige Follikel, nicht mit der Arterienscheide verbunden, sondern von dem Balkengerüste der Milz umschlossen. Hier haben wir also noch mehr in die dringend eine Zusammensetzung der Milz aus weissgrauer (Lymphdrüsen-) und dunkelrother Pulpa. Bei der Ringelnatter kann zeitweilig die rothe Pulpa ganz fehlen, so dass die Milz einer gewöhnlichen Lymphdrüse entspricht. Der Zusammenhang der Milz mit



Fig. 98.



Einige Drüsenblasen aus der Schilddrüse eines Kindes, 250mal vergr. a Bindegewebe zwischen denselben, b Hülle der Drüsenblasen, c Epithel derselben.

Fig. 99.



Ein Stückchen der Thymus des Kalbes entfaltet. a Hauptcanal, b Drüsenlappchen, c Drüsenkörner vereinzelt am Hauptcanale aufsitzend. Nat. Grösse.

den Lymphdrüsen wird noch durch weitere Beobachtung LEYDIE's illustriert. auch andere Lymphdrüsen gibt, welche weisse oder ganz rothe Pulpa besitzen sie dann ein dunkelrothes Aussehen, Milz, zeigen. Solche Lymphdrüsen, und Ansehen der Milz analog, finden sich in der Brusthöhle des Schweines nahe Verlauf der Aorta thoracica liegend.

### Die Schilddrüse (Thyre)

Alveolen, 0,04—0,04 mm gross, sind die Elemente. Letztere werden durch das Bindegewebe zu grösseren Drüsenkörnern zu Läppchen und Lappen vereinigt. Die Alveolen sind mit einer einzigen Schicht von viereckigen, körnigen Zellen ausgekleidet. Der Hohlraum des Bläschens wird durch die Jugend klebrige, im Alter colloidale Flüssigkeit erfüllt, die klar und etwas gelblich

färbt ist und Eiweiss in ziemlicher Menge enthält. Nach P. A. BOÉCHAT sind die Alveolen nicht geschlossene Blasen, wie man sie bisher beschrieb, sondern unregelmässige, reichlich untereinander communicirende Hohlräume. Im Innern des bindegewebigen Stromas der Schilddrüse verlaufen lymphatische Sinus ein weites cavernöses Netz. In den Ästen dieses Netzes verlaufen die Blutgefässe und liegen die Alveolen, indem ihre epitheliale Wand den Wandungen der Lymphräume direct aufsitzt. BOÉCHAT leugnet eine Membrana propria der Alveolen. Nach FAHY beginnen in der Schilddrüse die Lymphgefässe mit blinden Kanälchen zwischen den Bläschen. Die Schilddrüse zeigt besonders im spätern Alter fast regelmässig pathologische Veränderungen. KROCHEN hervorgeht, dass sie wenigstens dann für das Leben nur von geringer Bedeutung sein kann. Die Colloidsubstanz der Alveolen bildet sich nicht auf Kosten der Zellen (R. VINCOW), die sich hierbei meist noch unversehrt nachweisen lassen. In der Thyreoides des Ochsen fand man ein, Sarkin, Xanthin, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Steinsäure (cf. Circulationsverhältnisse des Gehirns).

**Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie.** — Die Schilddrüse bildet sich beim Hais (REMARK, W. MÜLLER, GÖTTE) aus einer einfachen, sackförmigen Ausstülpung der Schlundwand (3ter Brüttag), welche eine Blase verwandelt und sodann solid wird, sich am 3ten Tag einschnürt, hierauf in zwei solide kugelige Körper zerfällt durch Herabrücken endlich ihre bleibende Stelle einnimmt. Die Follikel entstehen durch Abschnürung aus cylindrischen Schläuchen, welche bis zum 3ten Brüttag die Drüsenelemente darstellen. Die Bildung ist im Wesentlichen dieselbe, wie bei den Blasen der traubenförmigen Drüsen. Analog ist die Entwicklung bei Säugern 'KÖLLIKER'. Bei dem Menschen



scheint die fertige Schilddrüse aus einem mittleren und zwei seitlichen Lappen zusammengesetzt. Bei Hund, Kalb, Pferd etc. besteht die Drüse aus zwei getrennten Lappen zur Seite der Trachea liegend. Bei Fischen liegt das Organ am vorderen Ende des Kiemenarterienbundes. Bei Amphibien und Vögeln ist es paarig, bei Reptilien einfach.

**Die Thymus** (Fig. 99). Sie besteht aus Lappen und Läppchen, die kleineren Läppchen werden noch in kleinste Läppchen getrennt, welche aber von den analogen Endbläschen und traubenförmigen Drüsen sich wesentlich unterscheiden: sie sind nicht hohl, sondern solid. Nur die grösseren Läppchen haben meist einen spaltförmigen Hohlraum. Die Endläppchen scheinen im Bau identisch mit den Follikeln des Darms, also wie diese einfachste Lymphdrüsen. Innerhalb einer bindegewebigen Hülle finden sich in ein Netz von Bindegewebskörperchen jene runden, körnigen, kernhaltigen Zellen eingelagert, die wir von dort her kennen. Ausserdem zeigen sich noch grössere grob granulirte, rundliche, ein- oder mehrkernige Zellengebilde und concentrische blasenartige Gebilde (HASSALL). Zwischen diesen Zellen verbreiten sich Blutgefässe. In die Läppchen lassen sich die Lymphgefässe verfolgen. Im erwachsenen Organismus hat die Thymus keine Bedeutung mehr, da sie von der Geburt an stetig abnimmt und endlich ganz verschwindet.

Der lymphdrüsenähnliche Bau der beiden letztbesprochenen Organe rechtfertigt es, sie mit der Milz in eine Klasse zu stellen, wenn wir es auch nur vermuthen können, dass zur Zeit ihrer Functionirung ihre Thätigkeit mit der der Milz übereinstimmt. Ihre Aehnlichkeit mit der Milz wird noch dadurch erhöht, dass sich auch ziemlich dieselbe Gruppe von chemischen Setzungsprodukten und, wie es scheint, in ähnlich reicher Menge in beiden vorfindet. Neben den gewöhnlichen Gewebsbildnern: Albumin, Fetten etc. finden sich in der Thymus (MCP-BESANZ) Leucin, Sarkin, Xanthin, Ameisensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure, Milchsäure, Zucker (?) und neben den gewöhnlichen Aschenbestandtheilen thierischer Organe noch Moniaksalze. KÖLLIKER vermuthet, dass die Thymus ein »epitheliales Organ« sei.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Thymus scheint aus dem mittleren Keimblatt zu entstehen. BISCHOFF beschrieb bei 2,6 cm langen Rindsembryonen ihre Anlage als zwei kleine, dicht neben einander vor der Luftröhre gelegene Streifen, die am Kehlkopf mit der Schilddrüse zusammenzuhängen schienen. KÖLLIKER erklärt die Thymusanlage des Kaninchens als eine in einen Schlauch umgewandelte Kiemenspalte.

Die Bedeutung der Nebennieren, des Gehirnanhangs, der Steissdrüse ist noch unbekannt. VON BAUXN stellt die Nebennieren als venöse Blutgefässdrüsen neben die Carotidendrüse und die Steissdrüse als arterielle Blutgefässdrüsen, cf. die Lehrbücher der Anatomie.

**Das Knochenmark.** Das rothe Knochenmark hat als eine Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen durch die Beobachtungen von NEUMANN, welche BIZZAZZO bestätigte, neuerdings eine bisher ungeahnte, wichtige physiologische Function zuertheilt bekommen. Der Marksaft enthält zahlreiche kernhaltige gefärbte Blutzellen, welche mit den Blutzellen des Embryonalblutes identisch sind. Der Marksaft entstammt theils dem eigentlichen Gewebe des rothen Knochenmarks, theils den Blutgefässen desselben. Er enthält theilweise zellige Elemente, theils gewöhnliche Lymphkörperchen, theils Zellen, die sich von den ersteren besonders durch eine deutlich gelbe Färbung auszeichnen: unreife rothe Zellen. Sie zeigen schon frisch die Kerne, ihre Fortsätze sind im Gegensatz zu den Lymphkörperchen scharf contourirt, die Zellsubstanz erscheint homogen. Sie sind kugelig und wenig grösser als rothe Blutkörperchen. Eine geschlossene Kette von Uebergangsformen verbindet diese gelben Zellen mit den ausgebildeten rothen Blutkörperchen. Diese Entwicklungsformen constatiren, dass von der Peripherie (NEUMANN) oder dem

Kerne aus (Bizzozero) eine Verwandlung des körnigen Protoplasma in die homogene gelbe Substanz stattfindet. Diese Entwicklungsformen entsprechen embryonalen Entwicklungsstufen der rothen Blutkörperchen, welche sich Embryonen ebenfalls im Knochenmark, sowie in Milz und Leber in beiden der Anzahl zeigen. Die Entwicklungsformen befinden sich in den Kapillaren des Knochenmarkes, in denen durch die anatomisch-physikalische Einrichtung die Blutbewegung eine relativ langsame sein muss. Wie die Zellen aus dem Mark in die Kapillaren gelangen, ist noch nicht beobachtet. Seitdem wir (Cohnheim) wissen, dass die weissen Blutkörperchen aus den Gefässen ausströmen können, steht der Annahme, dass Zellen auch von aussen in dieselben eindringen vermögen (cf. unten), nichts im Wege. Die aktive Beweglichkeit betreffenden Zellen im Knochenmark ist sowohl für Kalt- als Warmblüter nachgewiesen.

Ch. Robin erklärte sich gegen die von Neumann und Bizzozero angenommene Funktion des Knochenmarkes; Ranvier und Morat erklären sich gegen einen Uebergang weisser Blutkörperchen in rothe im Knochenmark, wie er von den Entdeckern der hier vorkommenden Entwicklungsformen der letzteren zuerst hypothetisch angenommen wurde.

In dem Knochenmark jeder Altersstufe kommen noch einzelne, grosse (bis 0,3 mm), hohle Zellengebilde vor, von oft bizarrer Form und mit 30—40 Kernen: Myeloplasten, vielkernige Riesenzellen (cf. unten bei Knochen).

Das gelbe Mark der Röhrenknochen verdankt seine Farbe den Fettzellen, es besteht nach Berzelius bis zu 96% aus Neutralfetten. Das rothe Mark findet sich in den Epiphysen in den platten und kurzen Knochen. In einem spärlichen Gerüste von Bindegewebe sitzen zellige Elemente, die Lymphkörperchen, eingelagert.

Die kapillaren Blutgefässe in dem Knochenmark beschrieb Neumann zuerst ähnlich wie Billroth die der Milz. Die feinsten Arterien sollten sich, indem sie zu Kapillaren werden, trichterförmig erweitern, und dann die Venen aus diesen weiten Kapillaren durch allmählig noch fortschreitende Erweiterung hervorgehen. Die Kapillaren zeigen seitliche Ausläufer, die an die ersten Anlagen neu sich bildender Gefässe erinnern. In neueren Angaben, die sich auf das Verhalten des Knochenmarkes bei einem sehr ausgesprochenen Fall von myelogene Leukämie beziehen, beschreibt Neumann die Wand der feinsten Arterien des Markes aus lose zusammengefügt, langen, schmalen Spindelzellen gebildet. Er fand sich nur arterielle Gefässe in der auffallend gefässarmen Substanz: das einströmende Blut ergiesst sich von den Arterienästen aus direct in die zellenreiche Pulpa und theilt sich in derselben in regellosen Bahnen, um schliesslich mit reichlichen Bestandtheilen aus ihr gemischt in die venösen Abfuhrkanäle überzutreten. So sollen die unreifen, rothen Zellen in die Blutbahn gelangen, also ganz analog wie bei der Milz (cf. S. 420). Rustitzky ist an der älteren Anschauung fest. Zu bemerken ist noch, dass die Blutgefässe (Kapillaren und Venen) des Knochenmarkes der Sommerfrösche nach Bizzozero auf lange Strecken ganz mit weissen Körperchen angefüllt sind, auch die Markkapillaren junger Kaninchen zeigen an weissen Blutkörperchen auffallend reich.

Salkowski hat Hypoxanthin und Ameisensäure, Rustitzky Mucin aus dem Markgewebe dargestellt. Nach Berzelius enthält das rothe Markgewebe in der Diploe 75,50% Wasser, 24,50% feste Stoffe mit Proteinstoffen und Salzen, aber nur Spuren von Fett.

**Diapedesis**, Austritt von Blutkörperchen aus den unverletzten Gefässwandungen. — Hier, wo von Entstehung und Untergang der Blutkörperchen die Rede sein mögen, die Beobachtungen Cohnheim's ihre Stelle finden, welche uns lehren, dass sowohl farblose als farbige Blutkörperchen, zunächst wenigstens unter krankhaften oder abnormen Verhältnissen aus den Blutgefässen, indem sie die Wand derselben durchsetzen, auswandern können. Steigerte Cohnheim durch Abschluss der venösen Blutbewegung den Druck

id, so sah er zunächst das Plasma, dann aber auch die zusammengedrückten Blutkörperchen wie eine (halb-) flüssige Masse ausgepresst werden und dann ihre Gestalt wieder annehmen.

Bei Entzündungsprocessen verlassen die weissen Blutkörperchen die erweiterten in deren Randschicht des Blutes sie sich angehäuften, unter amöboiden Bewegungen durchsetzend. Frei erscheinen sie dann als Eiterkörperchen. Ueber den Uebergang sollen auch einige rothe die Gefässwand verlassen (STRICKER), was man durch Einwirkung von Salzlösungen auf nackte Gefässe in reichlicherem Maasse erzeugen kann (PROSSAK). Bekannt ist bei der Auswanderung der weissen Körperchen an Filtrationsvorgänge. Es gibt auch grössere vorgebildete Oeffnungen: Stomata in der Wandung der Gefässe nachzuweisen. Hier ist auch an die Wandungen der Milz- und Markgefässe zu erinnern, die aus losen der liegenden Zellen gebildet sein sollen (cf. oben). Die weissen und rothen Blutkörperchen treten an der Stelle dieser Stomata aus der Gefässwand (J. ARNOLD), cf. weisse Blutkörperchen (S. 375).

### Die Gesamtblutmenge.

Gesamtblutmenge beträgt nach den Bestimmungen von BISCHOFF und WELCKER'schen Methode (S. 344) bei gesunden lebenden erwachsenen Menschen (Hingerichteten)  $\frac{1}{13} = 7,7\%$  des Gesamtkörpergewichts. Man pflegt gewöhnlich auch die Bestimmungen WELCKER's über den Blutgehalt des toten Menschen anzuführen, obwohl diese an toten Individuen angewandt wurden, sie ergaben nur  $\frac{1}{19} = 5,2\%$  des Körpergewichts.

Ueber die Veränderung der Blutmenge bei Menschen je nach dem verschiedenen physiologischen oder pathologischen Körperzustande, die für den Blutgehalt von der allereinschneidendsten Bedeutung sein würde, sind noch wenig Untersuchungen angestellt worden. Ueber den letzteren Punkt hatten wir bisher nur weiteres als die Beobachtungen extremer Fälle von Seiten der Aerzte, welche gewisse Kennzeichen der Plethora und Anämie aufgestellt haben. Versuche an Thieren haben mir u. A. ergeben, dass jüngere, kleinere Thiere derselben Species wie einen relativ grösseren Stoffwechsel, so auch eine relativ grössere Blutmenge als ausgewachsene besitzen. Im Allgemeinen nimmt die Blutmenge mit dem Alter ab, und damit der Stoffwechsel, von dem Jugendzustande an, d. h. mit dem abnehmenden Körpergewichte relativ ab. Dass aber dieser Abnahme nach der Zunahme der Gesamtblutmenge voraus gehe, scheint aus den citirten Beobachtungen WELCKER's für die Neugeborenen, welche wenigstens ausserhalb als Erwachsene haben, wahrscheinlich. Auch PANUM fand öfters die Blutmenge neugeborener Hunde geringer als die erwachsener (cf. oben), ebenso STEINBERG auch bei Katzen.

Bei fetten, gemästeten Individuen haben wir eine relativ geringe Blutmenge gefunden (J. RANKE). Die Blutmenge sowie der Stoffwechsel solcher Individuen steht mit ihrem Nahrungsbedürfniss in einem absoluten Verhältnisse, als bei nicht gemästeten von sonst ähnlicher Körperkonstitution. Da bei dem weiblichen Geschlechte der Fettansatz meist ein bedeutenderer ist, als bei dem männlichen, so ist entsprechend im Allgemeinen bei dem weiblichen Geschlechte die Blutmenge geringer, als bei dem männlichen.

Manche Einflüsse setzen die Blutmenge herab. Ich konnte eine primäre Verminderung der Blutmenge durch starke Muskelleistung nachweisen, manche Versuche haben gewiss einen analogen Erfolg. Man muss sich hierbei bewusst sein, dass eine Verminderung der Blutmenge auch in der Art eintreten kann,

dass die Blutkörperchen, das Haemoglobin (S. 443) oder im Allgemeinen die festen Stoffe im Blute abnehmen, die Gesamtquantität des flüssigen Blutes könnte dabei gleich bleiben. Alle Körperzustände, welche den Körper fleischreicher machen, vermehren wahrscheinlich seinen Blutgehalt: Fleischnahrung scheint nach den Beobachtungen über Ernährung (VOIT) auch die Menge der Blutkörperchen des Blutes zu vermehren. Muskulöse Thiere haben relativ mehr Haemoglobin im Blute als fettere, weniger muskelkräftige. An den krankhaften Veränderungen in der Zusammensetzung der Gewebe nimmt auch das Blut Theil; nach den Beobachtungen von SCHOTTIN und J. RANKE steht der Wassergehalt des Blutes in einem directen Verhältniss zum Wassergehalt der Gewebe je wasserhaltiger letztere, desto wässeriger dieses. Krankheiten, Marasmus machen das Blut und die Gewebe wässeriger, so dass sie dadurch indirect die Blutmenge vermindern.

Nach grösseren Blutverlusten stellt sich die Blutmenge sehr rasch wieder her, indem zunächst unter dem verminderten Blutdruck die Absonderung der Sekrete, Galle, Harn (J. RANKE u. A.) stillsteht resp. abnimmt, und das Blut mehr Flüssigkeit aus den Gewebssäften aufnimmt. Durch Blutverluste wird auch der Durst gesteigert, der auch eine vermehrte Flüssigkeitsmenge des Blutes zuzuführen nöthigt. Vielleicht hängt der Durst nach sehr anstrengenden Allgemeinkrämpfen auch wenigstens zum Theil mit der durch diese nachgewiesenermassen gesetzten Verminderung der Blutmenge zusammen. Nach PANUM nimmt bei fortgesetztem Hunger die Blutmenge etwa in demselben Verhältniss ab, wie das Gesamtkörpergewicht.

Verfährt man sonst ganz nach der WELCKER'schen Methode der Bestimmung der Blutmenge, verwendet aber an Stelle des Wassers »künstliches Serum«, bleiben die Blutkörperchen erhalten und man kann in der rothgefärbten Wasserflüssigkeit eine Zählung der rothen Blutkörperchen vornehmen, wodurch man die Gesamtzahl der in dem zur Bestimmung verwendeten thierischen Organismus enthalten gewesenen rothen Blutkörperchen erhält (L. MALASSEZ S. 392).

Der Zusammenhang zwischen Fettansatz und Blutarmuth ist lange bekannt. In manchen Gegenden werden den zu mästenden Rindern Aderlässe gemacht, TOLMATSCH sah Hunde bei wiederholten Blutentziehungen Fett ansetzen, Chlorotische neigen zu Fettansatz etc.

Da der Erwachsene  $\frac{1}{13}$  seines Körpergewichts an Blut enthält, so beträgt die Blutmenge bei 65 Kilogramm Körpergewicht 5 Kilogramm.

Die Relation des Körpergewichts zur Blutmenge bei Kaninchen ergab folgende Tabelle nach meinen Untersuchungen:

Kaninchen, Reingewicht unter	300 Grm.	Blutmenge 48,9 Grm.	7,40%	1:13,1
- - -	700 -	- 34,3 -	6,0 -	1:16,7
- magere Thiere bis	1300 -	- 69,72 -	5,5 -	1:18,1
- fette - über	1400 -	- 48,48 -	3,3 -	1:30,1

Die Blutverminderung bei stärkerem Fettansatz ist ganz enorm und, wie man sieht, eine absolute, hier von etwa 70 Gramm auf 48, d. h. um mehr als 30%.

Für den Arzt bringt die Erkenntniss des geringen Blutgehaltes fatter Organismen eine Erklärung für die mannigfachen Erfahrungen, dass fettreiche Körper eine geringere Energie ihrer Organthätigkeiten und Widerstandskraft gegen störende Einflüsse entwickeln. Wird mit dem Blute solcher Patienten, wie es ihm die praktische Beobachtung schon

er vorschrieb, möglichst sparsam sein, er wird daran denken, auch in Krankheiten durch Weisheit ihre Blutmenge und damit die Energie ihrer Körperfunktionen zu steigern.

Wir erinnern hier noch einmal daran, dass nach unseren Beobachtungen die Grösse des Blutwechsels in einem Verhältnisse zur Blutmenge steht. Was in dieser Beziehung im Allgemeinen gilt, gilt auch für jedes einzelne Körperorgan (cf. Blutvertheilung).

Mittelwerthe, die wir in Uebereinstimmung mit anderen Forschern über den Blutgehalt verschiedener Thiere gefunden haben, sind folgende:

Hunde . . . . .	6,70 <sub>0</sub> d. h. 4 : 14,7
Frösche . . . . .	6,5 - - 4 : 13,6
Meerschweinchen . . . .	5,8 - - 4 : 17,1
Kaninchen . . . . .	5,4 - - 4 : 18,0
Katzen . . . . .	4,7 - - 4 : 21,4.

Durch fortgesetzte, übermässig gesteigerte Muskelaktion (Tetanus) wird die Gesamtblutmenge nach unseren Versuchen bei Fröschen primär um 26<sub>0</sub>/100 vermindert. Dann erweisen vergleichende Beobachtungen an Organismen, die von ihrer Muskulatur in der Einheit verschieden starke Leistungen verlangen, den weiteren Satz: Gewöhnung an gesteigerte Muskelarbeit, mit der sich der Organismus ins Gleichgewicht der Ernährung zu setzen vermochte, steigert die Gesamtblutmenge, langandauernde Muskelruhe dagegen die Gesamtblutmenge herab.

Das Blut von Fleischfressern (Hunden) ist im Ganzen und auch an Haemoglobinconcentrirter, als das von Nagestheieren (Kaninchen).

Langdauernde Ernährungsstörungen (Hunger) vermindern die festen Blutstoffe um Hälfte, Fieber scheint, wie es vom Tetanus erwiesen ist (J. RANKE), die festen Blutstoffe selbst zu vermehren, im späteren Verlauf (bei eintretender Consumption) zu vermindern. — REIDLEN und SPIEGELBERG wollen bei Hunden für die zweite Hälfte der Schwangerschaft eine Vermehrung der Blutmenge von  $\frac{1}{12,7}$  des Körpergewichts zu  $\frac{1}{11,1}$  gefunden haben, anfänglich soll nach ihnen die Schwangerschaft die relative Blutmenge nicht (?) vermindern.

## Die Blutvertheilung.

Je nach der Anzahl und der Weite der Blutgefässe, welche in die Organe treten und sich in derselben zu Kapillaren auflösen, ist der Blutgehalt der verschiedenen Organe des animalen Organismus ein sehr verschiedener. Dazu kommt noch, dass die Blutmenge, welche ein Körpertheil in der Zeiteinheit erhält, ausserdem noch von der Stromgeschwindigkeit in den Blutgefässen abhängt. Die Weite der Gefässe und die Blutgeschwindigkeit wechseln nun aber unter dem Einfluss des Nervensystems, den wir unten besprechen werden. Weiter ist die Blutgeschwindigkeit noch abhängig von der Entfernung der betreffenden Gefässpartie vom Herzen, von den physikalischen Momenten der Blutverzweigung etc. Namentlich unter dem Einfluss der wechselnden Irritation der Gefässe wird die Blutvertheilung im Organismus eine sehr schwankende.

Dadurch, dass man bei todtten, gefrorenen Thieren die Organe ohne Blutlaste abtrennt und ihren Blutgehalt bestimmt (nach der WELCKER'schen Methode S. 434), kann man die Blutvertheilung im todtten Thiere untersuchen. Wenn man in einzelnen Gliedern und Organen durch gleichzeitige Unterbindung der zu- und abführenden Gefässe das Blut zurückhält, kann man nach Abtrennen der betreffenden Körpertheile auch bei dem lebenden Thiere und dem Menschen die Blutvertheilung studiren.



Bei derartigen Versuchen an lebenden Thieren kann z. B. eine Extremität mit all dem in ihr enthaltenen Blute vom Körper abgetrennt werden. Sie besteht vorzüglich aus Haut, Muskeln, Nerven, Knochen, wir fassen diese Organe als Bestandtheile des Bewegungsapparates zusammen. Aus dem bekannten Gewicht und dem bestimmten Blutgehalt des abgetrennten Theiles des »Bewegungsapparates« können wir (annähernd) auf den Gesamtblutgehalt des gesamten Bewegungsapparates rechnen, dessen Gewicht leicht zu bestimmen ist. Ist die Gesamtblutmenge bekannt, so kann man daraus weiter (annähernd) bestimmen, wie viel Blut in den übrigen, nicht dem Bewegungsapparat angehörenden Körpertheilen: »Drüsenapparat und Blutleitungsapparat« enthalten ist.

Bei ruhenden, lebenden erwachsenen Kaninchen ist in den grossen Kreislaufsorganen, in der Leber, in den ruhenden Muskeln, in den übrigen Organen je  $\frac{1}{4}$  der Gesamtblutmenge enthalten (J. RANKE). Die Beobachtungen von P. BRUNS bestätigen diese Verhältnisse annähernd auch für den Menschen, an dem hier enthält der ruhende Bewegungsapparat absolut weit weniger (3,8%) Blut, als seinem Gewichte bei Zugrundelegung der für den Menschen 7,7% des Gesamtkörpergewichts gefundenen Blutmenge entsprechen würde. Die näheren Verhältnisse gibt die unten stehende vergleichende Tabelle.

Die Bewegungsorgane junger Thiere enthalten relativ mehr Blut als die erwachsener. Die Thiere, welche eine relativ stärkere Muskelleistung in der Zeiteinheit verrichten (Hunde), haben auch ruhend mehr Blut in den Bewegungsorganen, als relativ trägere (Katzen, Kaninchen).

Sehr auffallend sind die Veränderungen in der Blutvertheilung durch wachsende Thätigkeit einer oder der anderen Organgruppe. Zu allen thätigen Organen strömt in Folge der Nerveneinwirkung mehr Blut, und auch der Blutstrom durch dieselbe wird beschleunigt. Während der Bewegung enthält der Bewegungsapparat bei geruhten, ruhenden Kaninchen im Mittel nur 36,6% der Gesamtblutmenge, sah ich den Blutgehalt derselben bei Muskelthätigkeit auf 66,0% ansteigen. Auch nach Sistirung der Muskelarbeit bleibt diese Steigerung der Blutmenge noch einige Zeit bestehen: so erhebt sich der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates bei Fröschen durch fortgesetzte Muskelkrämpfe um fast 47%. Bei gesteigerter Thätigkeit der Drüsenapparate, z. B. in der Verdauung, wird dem Bewegungsapparat Blut entzogen, das den starrend arbeitenden Drüsen und Schleimhäuten in gesteigerter Menge zuströmt.

Da die Menge des dem Organe zukommenden Blutes c. p. der Intensität des Organstoffwechsels proportional ist, so muss nach dem Gesagten der Stoffwechsel in dem Organe zu- und abnehmen, je nachdem dasselbe stärker oder weniger stark thätig ist. Indem die thätigen Organe den zu denselben ruhenden Organen das Blut und damit eine wichtige Stoffwechselgrundbedingung z. Thl. entziehen, so ist während der Steigerung des Stoffwechselvorganges in der Thätigkeit eines Organes oder einer Organgruppe gleichzeitig in den vergleichsweise ruhenden Organen der Stoffwechsel um eine entsprechende Grösse vermindert. Man bezeichnet diese Abwechselung in der Stärke der Functionirung, die zunächst auf der wechselnden Blutvertheilung beruht, als Thätigkeitswechsel oder Functionswechsel der Organe (J. RANKE).



Folgende kleine Tabelle gibt uns Mittelzahlen über die Blutvertheilung im Bewegungsapparat und im Drüsen- und Blutleitungsapparat bei verschiedenen Thierwährend des Lebens (J. RANKE), für den Menschen führte P. BRUNS an Gliedern, welche Blutverlust amputirt waren, die Versuche aus.

	Mensch:	Hund:	Kaninchen:	Katze:	Frosch:
Gesamtblutmenge in Procenten des Körpergewichts . . . . .	7,70%	6,70%	5,40%	4,60%	6,50%
Menge im Bewegungsapparat					
a) in Procenten der Gesamtblutmenge	42,0 -	41,0 -	36,6 -	28,6 -	30,6 -
b) in Procenten des Organgewichts . .	3,8 -	3,4 -	2,7 -	1,6 -	1,7 -
Menge im Drüsen- und Blutleitungsapparate					
a) in Procenten der Gesamtblutmenge	58,0 -	59,0 -	63,4 -	71,4 -	69,4 -
b) in Procenten des Organgewichts . .	29,7 -	24,0 -	18,0 -	17,9 -	27,4 -

Nach P. BRUNS beträgt, wie S. 428 angegeben, für möglichst normale menschliche Unter- mit Fuss der Blutgehalt im Mittel 3,80% des Organgewichts. Von den Zahlen der obigen Tabelle für die Blutvertheilung beim Menschen ist die erste die von v. BISCHOFF bestimmte Gesamtblutmenge des Menschen =  $\frac{1}{13}$  des Körpergewichts, die weiteren Werthe wurden den Verhältnissen berechnet, welche E. BISCHOFF für die Organgewichte des jugendlichen Ermorders (cf. oben S. 196) angibt.

Bei Kaninchen, die ich möglichst rasch und krampflos getödtet hatte und dann, erst erstarrt geworden, gefrieren liess, zeigte sich die Blutvertheilung von der im Zustande der während des Lebens nicht wesentlich verschieden. Bei solchen todtten Thieren konnte Blutgehalt einer Anzahl von Organen gesondert bestimmt werden, die sich bei den lebenden Thieren der Bestimmung entzogen. In folgender Tabelle stehen die gefundenen Mittel- theile bei lebenden und todtten Thieren:

	lebendes Kaninchen:	tottenstarres Kaninchen:
Gesamtblutmenge in Procenten des Körpergewichts	5,4 0%	—
Menge im Bewegungsapparat . . . . .	36,6 -	39,780%
a) in der Haut . . . . .	—	2,10 -
b) in den Knochen . . . . .	—	8,24 -
c) in den Muskeln . . . . .	—	28,20 -
d) im Rückenmark und Gehirn mit den Häuten . . .	—	1,24 -
Menge im Drüsen- und Blutleitungsapparate	63,04 -	60,22 -
a) in der Leber . . . . .	24,00 -	29,30 -
b) in den Nieren . . . . .	1,93 -	1,63 -
c) in der Milz . . . . .	—	0,23 -
d) in den Gedärmen und Geschlechtsorganen . . .	—	6,30 -
e) in Herz, Lunge und den grossen Gefässen . . .	—	22,76 -

Die Blutmenge vertheilt sich sonach bei dem Kaninchen in folgender Weise im Körper, indem wir von dem blutärmsten Organe an aufsteigen:

	Blutgehalt in Procenten der Gesamtblutmenge:	in Procenten des Organgewichts:
Milz . . . . .	0,230%	12,500%
Gehirn und Rückenmark . . . . .	1,24 -	5,52 -
Nieren . . . . .	1,68 -	11,86 -
Haut . . . . .	2,10 -	1,07 -
Gedärme . . . . .	6,30 -	3,46 -
Knochen . . . . .	8,24 -	2,63 -
Herz, Lungen und grosse Blutgefässe . . . . .	22,76 -	63,11 -
ruhende Muskeln . . . . .	28,20 -	5,14 -
Leber . . . . .	29,30 -	28,71 -

**Aerztliche und hygieinische Bemerkungen.** — Schon die älteren Physiologen, MAGENDIE, hatten beobachtet, dass, wenn die Organe willkürlich oder unwillkürlich sind, sie eine grössere Blutmenge erhalten. Wenn ihre Thätigkeit vorherrschend wird, nehmen die Arterien, die zu ihnen gelangen, bedeutend an Umfang zu, wenn dagegen Thätigkeit abnimmt oder ganz aufhört, so werden die Arterien kleiner und lassen nur eine kleine Menge Blut zu den Organen gelangen. Diese Erscheinungen sind nach MAC deutlich an den Muskeln, der Blutlauf wird in ihnen schneller, wenn sie sich zusammenziehen; wenn sie sich oft zusammenziehen, nehmen ihre Arterien an Umfang zu; wenn gelähmt sind, so werden in ihnen die Arterien sehr klein und der Puls ist in ihnen kaum fühlbar. Diese Veränderung des Blutstroms durch das thätige Organ im Sinne einer Störung der Blutzufuhr gleichzeitig durch Beschleunigung des Blutlaufs und Erweiterung der Gefässlumina, also durch Vermehrung des im Organ gleichzeitig enthaltenen absoluten quantums haben vor längerer Zeit die Versuche CL. BERNARD's an den Speicheldrüsen später die Versuche LUDWIG's mit SKELKOW, SADLER und GASKELL an den Muskeln bestätigt. Während des Tetanus strömt mehr Blut aus den Muskelvenen aus. (Die Ermüdung ist sich dadurch geltend, dass die bei Beginn und kürzerer Dauer des Tetanus erweiterten Muskelgefässe bei übermässig langer Dauer desselben sich wieder verengern.) Schon auch sehen wir das Volum der Glieder des Menschen bei Muskelarbeit zunehmen. Was die Muskeln und Speicheldrüsen gilt, behält seine Geltung auch für die Verdauungsorgane des Unterleibs, auch sie erhalten während ihrer Thätigkeit eine reichlichere Blutmenge. Wir sehen bei Thieren, die in der Verdauung getödtet wurden, den gesammten Verdauungsapparat reichlich mit Blut gefüllt, geröthet, während die gleichen Organe im Tode blass erscheinen. Die Magen- und Darmschleimbaut, das Pankreas zeigen diese Veränderung ihres Blutgehaltes auf das Deutlichste. Den Aerzten ist bekannt (FRERICHS), dass bei der Verdauung die Leber eine vorübergehende, nicht unbedeutende Volumszunahme erfährt. die Hauptsache nach primär auf einer reichlicheren Anfüllung ihrer Gefässe mit Blut beruht.

Da die Gesamtblutmenge eines Organismus eine annähernd gleichbleibende ist, erhalten die übrigen Organe, z. B. des Verdauungsapparates, entsprechend weniger Blut, wenn die Muskeleirregung den Muskeln eine gesteigerte Blutmenge zuführt. Darauf beruht zum Theil der allen Aerzten bekannte Einfluss, welchen die Muskelbewegung auf Congestivzustände z. B. des Intestinaldrüsenapparates, ausübt. FRERICHS sagt z. B., dass es meist ohne Schwierigkeit gelinge, mittelst aktiver Bewegung in freier Luft, Reiten etc., Hyperämien der Leber zu mässigen oder zu heben. Die Thätigkeit der Muskeln entzieht dem Drüsenapparat einen Theil des Blutes und hebt dadurch seine überreichliche Blutfülle, darauf beruht ein Theil des grossen hygieinischen Einflusses, den die aktive und passive Muskelbewegung: Turnen, Fusswanderung etc. ausübt. Umgekehrt sehen wir bei der Verdauung die Arterien derselben von Blut strotzen, es muss das anderen Organen, vor Allem dem Bewegungsapparat, entzogen werden. So erklärt sich die allgemeine Erfahrung, dass die Fähigkeit der Muskeln zur Arbeitsleistung während der Verdauung herabgesetzt ist. Der Muskel enthält während der Verdauung weniger Blut, als sonst während seines Ruhezustandes. Immer entsprechen Congestionen und Hyperämien einzelner Organe und Körpertheile Anämien und Blutarmuth an anderen Orten.

Schon oben wurde erwähnt, dass Blutarmuth, z. B. durch Blutverluste, die Organe in ihrer Thätigkeit herabsetzt; schon nach verhältnissmässig kleineren Blutverlusten, bei denen die Thätigkeit der Muskeln und Nerven noch wenig alterirt war, sah ich die Ausscheidung von Galle und Harn sistiren. Muskelaktion, die dem Drüsenapparat Blut entzieht, sah ich auch die Harnausscheidung beträchtlich herabsetzen. Bei der Harnausscheidung folgte der massigen Verminderung nach dem Aufhören der Muskelaktion eine Steigerung. Blutarme Muskeln sind im Stande, eine grössere Gesamtarbeit zu leisten, als weniger blutreiche (J. RANKE). Aus diesen Bemerkungen mag die hohe physiologische und pathologische Wichtigkeit der Regulirung der Blutvertheilung einleuchten.

## Die Blutmengenbestimmung, Blutverluste (Aderlass) und Transfusion.

Von der Färbekraft des in den Blutkörperchen enthaltenen rothen Farbstoffes ist zur Blutmengenbestimmung Anwendung gemacht worden. Die Furcht der meisten Menschen bei dem Anblick von Blut, dessen Menge wie alles Erschreckliche gross erscheint, das starke Färbevermögen des Blutes, welches mit wenig Tropfen eine bedeutende Wassermenge in eine stark rothe Flüssigkeit zu verwandeln oder Kleider, besonders weisse Wäsche, in seiner Ausdehnung zu durchtränken und zu färben vermag, tragen gemeinschaftlich die Schuld, dass man Blutverluste in ihrer Grösse enorm überschätzt — Verwundete schwimmen im Blut! — und danach eine viel zu grosse Blutmenge im Organismus annahm. Waisberg schätzte die Menge Blut, die ein an Gebärmutterblutung gestorbenes Weib verloren hatte, auf 1 Pfund; in Brüdach's Physiologie wird die Blutmenge, die man aus dem Körper eines Entleerten gewonnen hatte, auf 24 Pfund angegeben. Man schätzte die Blutmenge des Menschen auf etwa  $\frac{1}{7}$  des ganzen Körpergewichtes. Nach den oben erwähnten Untersuchungen, hierüber Bischoff angestellt hat, ist das Verhältniss bei dem Erwachsenen ein weit geringeres, wie 4 : 13, bei Neugeborenen nur 4 : 19 (Welcker).

Diese Blutmengenbestimmungen sind nach der Methode von Welcker gemacht, die den zu diesen Ermittlungen versuchten Methoden die genauesten Resultate gibt. Valentin hatte die Blutmenge dadurch zu bestimmen gesucht, dass er bei einem lebenden Thiere eine Blutentziehung machte und die entzogene Blutmenge und den procentischen Wassergehalt derselben bestimmte. Nun spritzte er eine bestimmte Menge Wasser in die Blutgefässe ein, nachdem er annehmen konnte, dass sich Wasser und Blut im Kreislaufe vollkommen gemischt hatten, entzog er eine neue Blutprobe, in der er wieder die Wassermenge bestimmte. Diese zweite Probe sagte aus, um wieviel durch die bekannte eingespritzte Wassermenge der procentische Wassergehalt des Blutes zugenommen hatte. Ein einfacher Regeldetriensatz ergab ihm aus diesen Daten die Gesamtblutmenge. Die Resultate nach dieser Methode sind aber nicht zuverlässig, da man nicht genau weiss, ob wirklich eine gleichmässige Mischung des Wassers mit dem Blute eingetreten ist, und weil sicher das verdünnte Blut sogleich in gesteigerten Kreislaufverkehr mit den Geweben tritt und dadurch seinen künstlich veränderten Wassergehalt sofort wieder auf den normalen Stand zurückzuführen bestrebt ist.

Nach Welcker's Methode wird zuerst eine Blutprobe entzogen, gemessen und ihr specifisches Gewicht bestimmt, oder man wiegt die Blutprobe direct auf einer chemischen Wage. Die Blutmenge verdünnt man mit einer bestimmten Menge Wassers. Aus dem zu untersuchenden Organismus wird dann durch Ausfliessenlassen, Ausspritzen der Gefässe und Auswaschen der zerhackten Gewebe mit Wasser oder 10% Kochsalzlösung aller Blutfarbstoff ausgezogen. Man bekommt dadurch eine mehr oder weniger roth gefärbte Flüssigkeit, deren Menge man bestimmt. Davon bringt man in ein parallelwandiges Glasgefäss eine Probe. In ein gleiches Glasgefäss, — es können dazu auch Röhren von der gleichen Weite, Wandstärke und demselben Glase dienen, — so dass die auf ihre Färbung verglichenen Flüssigkeitsschichten gleich dick sind, bringt man eine kleine, gemessene Menge der mit wenig Wasser verdünnten Blutprobe und verdünnt diese so lange mit gemessenen Wassermengen, bis sie genau die gleiche Farbe hat, wie die »Waschflüssigkeit«. Die Menge der Waschflüssigkeit ist bekannt, die Gesamtmenge der Blutprobe mit dem zugesetzten Wasser ebenfalls. Wir wissen, in dieser Probe ist neben so und so viel Wasser so und so viel Blut. Procentisch muss das Wasser- und Blutverhältniss in beiden Flüssigkeiten, der Waschflüssigkeit und der Probestlüssigkeit, das gleiche sein, da ihre Färbung die gleiche ist. Diese sehr einfache Rechnung mit einer unbekannten Grösse ergibt uns die gesuchte Blutmenge der Waschflüssigkeit, zu der noch die zuerst zur Probe entzogene Blutmenge hinzu gesetzt werden muss. Da das specifische Gewicht des Blutes bestimmt wurde, so lässt sich leicht das Blutgewicht berechnen und so das Blutgewicht mit dem Körpergewicht vergleichen. Diese Methode ist sehr genau. Es thut ihr keinen wesentlichen Eintrag, dass

das venöse Blut stets eine etwas grössere Färbekraft besitzt, als das arterielle, und dass auch die anderen Blutarten darin Unterschiede zeigen. Man kann einen Theil der daraus entspringenden Fehler vermeiden, wenn man die Blutprobe aus gleichen Theilen arteriellen und venösen Blutes mischt.

VIERORDT hat aus der Umlaufszeit der Gesamtblutmenge, aus der Blutmenge, welche eine Kammersystole entleert, und aus der Zahl der Systolen die Blutmenge des Menschen 5000 Gramm = 10 Pfund berechnet. Seine Methode, die unten noch erwähnt werden soll, gibt sonach das gleiche Resultat wie die WELCKER'sche, sie bestätigen sich gegenseitig.

**Blutverluste, Aderlass.** Unter der Einwirkung des Blutverlustes verändert sich die Blutsammensetzung um so stärker, je mehr Blut entzogen wurde. Der Gehalt an Blutkörperchen und Haemoglobin nimmt ab, der Wassergehalt zu, während der Gehalt an Eiweissstoffen sich wenig, der an anorganischen Stoffen gar nicht verändert zeigt. Nach wenigen Tagen sind bei gesunden Menschen und Thieren diese Veränderungen wieder ausgeglichen (NAGEL u. v. A.). TOLMATSCHEFF beobachtete ohne eine Veränderung in der Nahrungsmenge bei einem Hunde, welchem er in 74 Tagen 6 relativ grosse Blutentziehungen machte (im Ganzen 4,0 Kilogramm = 14,27% des Anfangskörpergewichts), ein sehr bedeutendes Ansteigen des Körpergewichts von 44,53 zu 47,30, d. h. um 50% des Anfangsgewichts.

**Die Transfusion.** Die Blutmenge kann, wie wir sahen, ohne dass dadurch das Leben einträchtigt würde, nicht unbedeutende Schwankungen erleiden. Ueber ein bestimmtes Maximalmaass darf aber der Blutverlust nicht gehen, ohne das Leben in seinem inneren Kerne zu bedrohen. Die Blutkörperchen und das in ihnen enthaltene Haemoglobin haben die Aufgabe, dem Organismus aus der Luft die nöthige Sauerstoffmenge zuzuführen. Verlassen diese Sauerstoffsammelvorrichtungen in grosser Anzahl den Körper, so tritt rasch Sauerstoffmangel und schliesslich mit Nothwendigkeit Erstickung ein, wenn die restirende Blutkörperchenmenge dem Sauerstoffbedürfniss des Organismus nicht mehr genügt. Krämpfe, welche die Verblutung begleiten, sind Erstickungskrämpfe. Wir sehen bei Verblutenden das Bewusstsein schwinden. Die Herzbewegung wird schwach, das Blut nimmt Fibrin zu und erhält in hohem Maasse die Neigung zu gerinnen. Diese Momente erhalten vielfältig durch Blutung hoch bedrohte Leben. Indem der geschwächte Herzstoss das entstehende Blutgerinnsel von der blutenden Gefässöffnung nicht mehr wegzustossen vermag, wird es verschlossen und der Organismus erhält Zeit, seine Verluste an Blutkörperchen durch Neubildung derselben wieder zu ersetzen.

Seit den Versuchen, die im Jahre 1657 von CHRISTOPH WREN veranlasst wurden, ist es den Aerzten bekannt, dass es möglich ist, das Leben verblutender Thiere durch Einspritzen des Blutes anderer Thiere in ihre Venen zu erhalten. Die grössten Physiologen aller Zeiten haben sich mit der Bluttransfusion befasst, die in der neuesten Zeit vor Allem durch den Verdienst MARTIN's und NUSSBAUM's auch in die ärztliche Praxis eingeführt wurde. Bei Verletzungen, besonders im Wochenbette, denen der Arzt sonst hilflos gegenüberstand, ist die Methode der Transfusion ein souveränes Mittel. Bei vielen Krankheiten und Vergiftungen wird während der Folgezeit die Bluterneuerung vom grössten Nutzen finden, wir werden sogleich eine Gelegenheit haben (S. 435). Es ist nöthig, dass sich der Arzt mit der Technik der Bluteinspritzung vollkommen vertraut mache, ehe er sie anzuwenden gezwungen ist. L. von BELINA SWIONTKOWSKY hat die Literatur und die verschiedenen Methoden der Transfusion zusammengestellt. In neuerer Zeit hat die Frage der Transfusion von PANUM's, LANDOIS' u. v. A. eine erneute und eingehende Bearbeitung gefunden. Zur dauernden Erhaltung des Lebens kann nach PANUM nur Blut derselben Species für jedes Thier dienen. Dem Menschen darf nur Menschenblut eingespritzt werden. Es zeigt sich zwar, dass bei verbluteten Thieren durch Einspritzen von Blut einer anderen Species die Functionen des Lebens für einige Zeit in normaler Weise zurückkehren. Diese Thiere gehen aber nach einigen Tagen aus verschiedenen Ursachen, oft an unstillbaren Blutungen, zu Grunde. Letztere rühren daher, dass man fibrinfreies Blut eingespritzt hatte. PANUM rath zur Transfusion nur fibrinirtes Blut an. Nach kurzer Zeit zeigt sich, wenn Blut derselben Species eingespritzt

de, der Fibrinmangel ersetzt. Das oft verwendete Lammblut scheint im Menschenkörper rasch zersetzt zu werden. POWRICK fand in einer kurz nach einer Lammbluttransfusion erkrankten Wöchnerin zahlreiche »Bruchstücke zerfallener Lammblutkörperchen im Plasma des Blutes aller Körpergegenden«. Vogelblut ist für Säugethiere direct giftig, zwar ganzes Blut wie Serum. Alles fremde Blut löst sich auf (PLÓSZ und GYÖRGYAI, 1892). Auch LANDOIS nimmt als sicher an, dass sich im Blute des Menschen fremde Blutkörperchen auflösen und dadurch Veranlassung zu Verstopfungen von Gefässen geben können. Hundeblood schadet Füchsen wenig oder nicht.

Die Bluttransfusion nützt nicht als Ernährungsmittel. Verhungerte Thiere konnten durch Bluteinspritzung nicht am Leben erhalten. L. TSCHIERIEW konnte an Hunden nachweisen, dass die gleiche Blutmenge, welche, vom Magen und Darm aufgenommen, eine reichliche Steigerung der Harnstoffausscheidung hervorrief, direct frisch ins Blut eingespritzt die Ausscheidung des Harnstoffes nur in geringem Grade steigerte. Zu demselben Resultate kamen J. FORSTER und LANDOIS bei der Wiederholung dieser Versuche; der letztere weist darauf hin, dass jegliche Einspritzung von Flüssigkeit in das Blut die Harnstoffausscheidung etwas steigert. Blutserum dagegen steigert die Harnstoffausscheidung nach Injection in die Venen oder subcutan viel beträchtlicher, noch mehr Hühnereiweiss, sodass, wenn es sich um Ernährung durch subcutane Injectionen oder Injectionen ins Blut handeln sollte, Blutserum eingespritzt werden müsste. Natürlich kann es sich bei diesen Versuchen zunächst nur um Blut derselben Thierart handeln, da von »differentem Blut« der Zerfall in dem Gefässsystem nachgewiesen ist. Die Ursache der kapillaren Blutungen nach Transfusion heterogenen Blutes sucht LANDOIS in collateraler Fluxion durch Verstopfung kapillarer Gefässzirkel, wobei eine geringere Gerinnungsfähigkeit des mit gelöstem Haemoglobin des Fremdblutes vermischten Blutes mitwirken soll. Andere denken an Ernährungsstörungen in der Gefässwand unter Einfluss des heterogenen Blutes. Neuerdings hat man bei Cholera asiatica günstige Erfolge von Bluteinspritzung in die Venen gesehen.

An Stelle der Transfusion rath GAILLARD THOMAS nach WAGSTAFFE'S Vorgang Milchtransfusionen in die Venen an. Nach 12 Operationen der Art, 2 von HOWE, 3 von HODDER und 7 von THOMAS selbst, erklärt er die Erfolge für sehr ermuthigend. Aehnlich wie bei Bluttransfusion erfolge nach der Operation zuerst ein Frostanfall und Temperaturerhöhung, welche Symptome jedoch bald zurücktreten und einem Wohlbefinden Platz machen sollen. Milch von einer gesunden Kuh, ganz frisch gemolken, sei zu verwenden. Ein Glastrichter, ein Kummischlauch und ein Röhrchen mit einem kleinen Knopf sollen jeden complicirten Apparat ersetzen. Die deutschen Experimentatoren kommen zu weniger günstigen Ergebnissen. N. WULFSBERG konnte die »ernährende« Wirkung der Milcheinspritzungen nicht bestätigen. Er fand eine Vermehrung der weissen Blutkörperchen, welche die Milchkügelchen »fressen« sollen. Auch nach starken Blutentziehungen vertrugen die Hunde WULFSBERG'S nur kleine Injectionsmengen von Milch, so dass die Hoffnung, Bluttransfusionen durch Milchtransfusionen zu ersetzen, nicht gerechtfertigt erscheint. Subcutane Milchinjectionen wirken ebenfalls nicht ernährend.

Eine fieberhafte Temperatursteigerung tritt auch nach Bluttransfusion ein, auch wenn arterielles Blut eines Thieres in seine eigene Vene transfundirt wird (ALBERT und MUCKER, P. LIEBRECHT). Als Grund dafür wird auf eine bei Transfusion eintretende Blutvergiftung im Pfortadersystem (HASSE) hingewiesen, worauf sich vielleicht auch die Milzschwellung bei Fieber beziehen mag.

## Verhalten des Blutes gegen giftige Gasarten.

Wir haben das Verhalten des Blutes einigen Gasarten gegenüber noch zu beachten, die zwar z. Thl. in reiner Luft nicht vorhanden sein sollten, die aber oft genug zu Störungen im Blutleben Veranlassung geben. Man bezeichnet die betreffenden Gasarten gewöhnlich als



giftige Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Stickstoff Stickoxydgas Schwefelwasserstoff etc. Die Wirkung dieser gasförmigen Stoffe auf das Blut ist im Allgemeinen eine Sauerstoffentziehung, aber in verschiedener Art.

Wenn wir Thiere in einer Stickstoffatmosphäre ersticken sehen, so hat das seinen Grund nicht etwa in einer giftigen Wirkung des Stickstoffs auf den Organismus, wie die Bezeichnung des Gases voraussetzen lässt. Die Erstickung tritt ein, weil die für die Erhaltung der normalen Blutzusammensetzung nötige Sauerstoffzufuhr zu den Blutkörperchen in der Stickstoffatmosphäre fehlt. Das Oxyhaemoglobin verwandelt sich in Haemoglobin, welches zwar die Fähigkeit zur Sauerstoffbindung und damit zur normalen Gewebsernährung noch besitzt, keinen Sauerstoff findet, um damit wieder Oxyhaemoglobin zu bilden. Es ist also bei Stickstoff der Sauerstoffmangel, der erstickend wirkt. Ebenso tötet reines Wasserstoffgas, das Niemand ein Gift nennt. Auch die Wirkung der Kohlensäure auf das Blut ist ganz von dieser Art. Doch treten bei gesteigerter Kohlensäuremenge in der Atmosphäre und hinderter Ausscheidung derselben aus dem Blute Vergiftungssymptome ein, welche auf Störungen des centralen Nervenlebens beruhen.

Etwas anders gestaltet sich die giftige Wirkung des Schwefelwasserstoffgas. Auch hierbei tritt ein Sauerstoffmangel im Blute ein, aber aus anderen Gründen. Das Oxyhaemoglobin hat die Fähigkeit, seinen Sauerstoff an leicht oxydierbare Substanzen abzugeben und sich dabei in Haemoglobin zu verwandeln. Es wird daher der mit dem sauerstoffhaltigen Blutfarbstoff in Berührung kommende Schwefelwasserstoff oxydirt. Der Wasserstoff an dem wird unter Beschlagnahme des Sauerstoffs im Blute in Wasser verwandelt, wobei sich Schwefel ausscheidet. Der Schwefelwasserstoff setzt dadurch Rosennast und Kautschuk eine andere Art, als die vorher genannten Gase, einen Sauerstoffmangel des Blutes und in dessen in entsprechender Quantität eine wahre Erstickung. Die Blutkörperchen und das Haemoglobin verlieren primär durch ihn nicht die Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme. Im Anfang färbt der ausgeschiedene Schwefel das Blut gelbgrün. Im lebend mit Schwefelwasserstoff vergifteten Organismus kann es nicht zu den weiteren Zersetzungen des Blutes durch Schwefelwasserstoff kommen, welche schliesslich zu einer Schwärzung desselben führen. Sobald das Leben aufgehört hat, wird ja durch die Athmung auch kein Schwefelwasserstoff mehr dem Blute zugeführt. Wie Schwefelwasserstoff verhält sich Phosphorwasserstoffgas, das sich im Blut zu phosphoriger Säure reducirt. Dykowsky. Auch Arsen- und Antimonwasserstoffgas scheinen analog zu wirken. Horrer-Seyler.

Kohlenoxydgas und Stickoxydgas gehen mit dem Blutfarbstoff ganz analoge Verbindungen ein, wie es der Sauerstoff thut, was bei dem optischen Verhalten der Hämoglobine schon besprochen wurde. Das Stickoxydgas ist seit den Untersuchungen seiner rauschenden Wirkungen durch H. Davy vielfältig auf seine physiologische Bedeutung geprüft worden. Davy glaubte, dass der in ihm erhaltene Sauerstoff vom Organismus zu seinen Verbrennungen verwendet, dass es im Blute in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt werden würde. Die Untersuchungen von L. Brauass ergaben, dass dem nicht so ist. Das Leben wird durch Stickoxydul nur dann nicht beeinträchtigt, wenn es mit Sauerstoff gemischt ins Blut gelangt. Es bildet, ohne dass dadurch Sauerstoff aus dem Blute frei würde, mit dem Haemoglobin eine dem Oxyhaemoglobin analoge Verbindung von Stickoxydulhaemoglobin. Der Sauerstoff des Blutes verzehrt sich unter der Beimischung des Stickoxyduls rascher, als sonst, dringt in das Blut jedoch nur in Minimalmengen ein, da es irrespirabel ist etc. etc. In Beziehung auf seine Austreibbarkeit aus dem Blute durch Sauerstoff verhält es sich ganz dem CO, soll aber nach Podocinsky noch etwas schwerer austreibbar sein als letzteres.

Wichtiger als die Wirkung dieses Gases ist die des Kohlenoxyds. Das Kohlenoxyd verbindet sich, sowie es mit dem Blutfarbstoff im Blute in Berührung kommt, mit diesem zu Kohlenoxydhaemoglobin. Der Sauerstoff wird dabei vollständig aus dem Blute ausgetrieben, so dass mit genügender Quantität Kohlenoxyd geschütteltes Blut sauerstofffrei zeigt. Das Blut nimmt unter der Einwirkung des Kohlenoxydgases eine kirschrothe Farbe an. Die Erfahrung lehrt, dass von diesem giftigen Gas verhältnissmässig



gen, wenn sie in kleinen Dosen nach einander in das Blut eintreten, keine bedeutenden Störungen hervorrufen. Auf einmal geathmet würden 1000 Cub.-Cent. des Gases hinreichen, den Menschen herbeizuführen. Bei Hunden kann  $\frac{1}{5}$  der gesamten Blutmenge mit Kohlenoxyd beladen werden, ohne den Tod zu veranlassen. Ist eine Vergiftung mit Kohlenoxyd getreten, so kann durch fortgesetzte künstliche Sauerstoffzufuhr zum Blute, durch künstliche Athmung das Leben gerettet werden. Der noch unvergiftete Antheil an Blutkörperchen, der noch Sauerstoff aufnehmen kann, muss so lange functioniren, bis das Kohlenoxydgas eliminirt ist. Ist die Vergiftung eine heftigere, so kann eine Zufuhr neuer, lebenskräftiger Blutkörperchen durch Bluttransfusion das Leben erhalten (KÜHNE). Das Kohlenoxyd verschwindet übrigens ziemlich rasch aus dem Blute. Man glaubte früher, dass die Elimination nur möglich sei, indem das Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrennt. Nun steht es durch DONDEES und ZUNTZ fest, dass das CO durch Auspumpen des Blutes im trockenen LÜGGA'schen Vacuum und durch energische Ventilation des Blutes als solches aus dem Blute getrieben werden kann. So wird also, so lange das Herz noch schlägt, energische künstliche Athmung genügen, um das Blut zur Norm zurückzuführen. DONDEES hat gezeigt, dass Archleiten von O oder H oder CO<sub>2</sub> genügt, um das CO aus dem damit gesättigten Blute auszutreiben.

Die Kenntniss der Einwirkung der genannten Gase auf das Blut hat für den Arzt eine wichtige Bedeutung. Die Vergiftungen in Gärkellern durch Kohlensäure, in Latrinen durch dasselbe Gas und Schwefelwasserstoff, durch ausströmendes Leuchtgas und Kohlendunst, in denen sich Kohlensäure und Kohlenoxyd finden, beruhen auf dem geschilderten Verhalten des Blutfarbstoffs und der rothen Blutkörperchen gegen diese Gase. Das Kohlenoxydgas ist oft in nicht unbeträchtlichen Mengen im Leuchtgase enthalten, und dessen giftige Wirkungen beruhen zumeist auf dieser Beimischung. HENRY fand bis zu 12,80%. PELIGOT fand in einem Leuchtgase 280/0 dieses giftigen Stoffes! Man hat Erfahrungen, dass das Leuchtgas, das im Boden aus Röhren ausströmt, sich unterirdisch weit verbreiten und, indem es sich in entfernte Wohnhäuser zieht und dort ansammelt, Ursache von Erkrankungen der dortigen Bewohner werden kann. Ueber irrespirable Gasarten und deren Einwirkung auf das Blut bei Athmung.

### Nachweis des Blutes, Blutuntersuchung.

Man weist das Blut vorzüglich mit dem Mikroskop nach. Durch Wasserentziehung werden die rothen Blutkörperchen zu zackigen, sternförmigen Gestalten, während sie in sehr verdünnten Flüssigkeiten kugelig aufschwellen und einen Theil oder allen Farbstoff austreten lassen. Im verwesenden Blute verschwinden die rothen Blutkörperchen endlich, und es tritt an ihre Stelle eine körnige Masse. Eine mikroskopische Unterscheidung, ob das Blut vom Menschen oder von Säugethieren stammt, ist meist nicht möglich, da die Blutkörperchen der letzteren meist keine bemerkbaren qualitativen Unterschiede von ersterem zeigen und sich nur durch verschiedene Grösse unterscheiden, welche durch Schrumpfung und Quellung nach beiden Richtungen zu wesentlich modificirt werden kann. Nur das Kameel und kameelartige Thiere haben ovale Körperchen mit einem Kern. Den letzteren ähnlich sind die rothen Blutkörperchen der Vögel, Fische und Amphibien, die sich von einander durch ihre Grössenunterschiede unterscheiden lassen. Wenn das leicht zu verschaffende Hühner-, Tauben- oder Hirschblut für Menschenblut, z. B. bei Krankheitssimulation — für Blutbrechen oder Blutstuten, oder für Menstrual- oder Hymenalblut — ausgegeben werden soll, kann also die mikroskopische Untersuchung von Werth sein. Manche pflanzliche Gebilde sind den Blutkörperchen sehr ähnlich, worauf man unter Umständen zu achten hat. In einer blutig gerötheten, mit Blut getränkten Erde fand ERDMANN mikroskopische, den Blutzellen ähnliche Körperchen, welche von einer Alge: *Porphyridium cruentum* Naegeli herrührten. Wenn das Blut eingetrocknet, so gelingt es manchmal durch Aufweichen mit Wasser, die

Blutkörperchen zum Vorschein zu bringen. Regelmässig soll das nach der Methode v. J. Gwosdaw gelingen, der eine Mischung von Aether und Amylalkohol anwendet, welche die Blutkörperchen in nahezu normaler Form wieder sichtbar macht. Es kann mit diesem Gemisch auch die Frage entschieden werden, ob der Blutfleck von faulem oder frischem Blute herrührt. In Flecken aus faulem Blute treten nur feine Körnchen, keine Blutscheibchen hervor. J. G. RICHARDSON zerreibt das eingetrocknete Blut zu feinem Pulver und leitet es lange durch das zwischen Objectträger und Deckglas befindliche Blutpulver vermittelte Löspapier  $\frac{3}{4}\%$  Kochsalzlösung, bis das Präparat fast farblos geworden ist. Nun lässt er ein Tropfen Anilinroth unter das Deckglas fliessen und nach einer halben Minute wieder durch die Kochsalzlösung verdrängen. Die Blutkörperchen zeigen sich dann deutlich gefärbt.

Man hat in den Veränderungen, welche der Blutfarbstoff unter der Einwirkung von Kochsalz mit Essigsäure erleidet, eine sehr scharfe chemische Probe auf Blut, die vor Allem für gerichtliche Zwecke verwendet wird: die Haeminprobe. Eine sehr geringe Menge trockenen Blutes — stecknadelkopfgross — reicht zu der Haeminprobe hin. Man mischt das Blutpulver mit etwas wenigem — kleine Messerspitze — Kochsalz und zerreibt beide zusammen sehr fein. Dann breitet man einen Theil der Mischung flach auf ein Objectglas zu mikroskopischem Gebrauche aus, legt ein Deckgläschen darüber und lässt nun einen Tropfen wasserfreier Essigsäure zwischen von aussen zufließen. Nun erwärmt man über einer möglichst kleinen Flamme auf dem Objectglase schwach, bis die Essigsäure eben Blasen zu werfen beginnt, und lässt einige Minuten abkühlen. Jetzt zeigt das Mikroskop zwischen farblosen Krystallen von Kochsalz und

Fig. 100.



REICHMANN'sche Krystalle.

saurem Natron kleine schwarze Krystalle von Haemin in grösserer oder geringerer Anzahl (Fig. 100). Hier und da ist die Krystallisation nicht eingetreten, neuer Essigsäurezusatz und neues Erwärmen bringt sie dann hervor. Flüssiges Blut gibt die Krystalle nicht, nur eingetrocknetes, mag es vorher frisch, faul oder gekocht gewesen sein. Das Haemin ist

HOPPE-SEYLER saizsaures Haematin, das in Essigsäure ohne Zersetzung löslich ist (Fig. 101).

Fig. 101.



Krystalle des Haemin.

Nach SONNENSCHNIGER gibt eine mit Essigsäure oder Phosphorsäure angesäuerte Lösung von wolframsaurem Natrium mit Lösungen von Blutfarbstoff einen rothen Niederschlag, der sich in Ammoniak dichroitisch löst.

LEUBE empfiehlt zu forensischen Zwecken auch eine optische Blutprobe. Man bedarf dazu nur eines winzigen Fleckchens vertrockneten Blutes, den man in einem Tropfen Wasser auflöst. Die Lösung lässt man in eine feine Kapillare aufsteigen, die man in den Spalt des Spektroskops der Länge nach einfügt. Die beiden Absorptionsstreifen des Oxyhaemoglobins sind vollkommen charakteristisch bei einer ursprünglichen Blutmenge von  $\frac{1}{3}$  Cub.-Millimeter.

Die Modificationen, welche der Blutnachweis in gerichtlichen Fällen erfahren muss, sind sehr mannigfaltig, wozu hier nicht eingegangen werden kann. Erschwert wird der Nachweis des Blutes durch Eisenrost, wenn sich das Blut auf einem Stahl- oder Eiseninstrument befindet. Man senkt den Stahl mit dem Flecken in kaltes Wasser; Farbstoff und Eiweiss, das hier in löslichem Zustande vorhanden ist, lösen sich allmählig mit Hinterlassung des Farbstoffes auf, der auf dem Stahl sitzen bleibt und mit dem Fingernagel abgelöst werden kann. Bei der Lösung setzt sich ein rother Streifen auf den Boden der Flüssigkeit, die dann weiter untersucht werden muss, Salpetersäure schlägt in ihr Eiweiss nieder. Hat sich Rost mitgesetzt, so kann das abfiltrirt werden, durch ein möglichst kleines Filtrum. Auch auf Zeugen bleibt nach d

Lösung des Blutfleckens das Fibrin zurück, was für gerichtliche Zwecke wichtig scheint, da man häufig die Blutflecken auf Kleidern und Wäsche von Menstrualblut ableiten will (S. 418). Der Faserstoff kann übrigens auch fehlen, wenn das Blut z. B. unmittelbar auf das Hemd aufgeflossen war und sich von da aus in ein anderes Kleidungsstück eingesaugt hat.

Der Nachweis des Kohlenoxyds im Blut geschieht nach HOPPE-SEYLER auf optischem Wege durch die Unveränderlichkeit der Kohlenoxyd-Haemoglobinstreifen durch reducirende Mittel. Versetzt man nach HOPPE-SEYLER kohlenoxydhaltiges Blut mit mässig concentrirteratronlauge im Ueberschuss, so entsteht nicht wie im gewöhnlichen Blute sogleich eine schwarzbraune, schmierige Masse, sondern eine zinnoberrothe: gefälltes Kohlenoxydhaemoglobin.

Cyanwasserstoff (Blausäure und Cyankalium) geht nach HOPPE-SEYLER und PREYER auch eine Verbindung mit Haemoglobin ein, welche aber die Giftwirkung derselben nicht zu ändern scheint, da PREYER die Existenz dieser Verbindungen im Blute mit Cyankalium und Blausäure vergifteter Thiere nicht nachweisen konnte.

**Ärztliche Bemerkungen, Blut in Krankheiten.** — Bei Ersticken gerinnt das Blut sehr langsam, der Mangel der Gerinnung bei vom Blitz Erschlagenen scheint ein Beobachtungsfehler (KÜHNE). Nach Schwefelsäurevergiftung soll das Blut manchmal sauer reagiren.

Bei Gelenkrheumatismus, Pneumonie, wie bei allen entzündlichen Krankheiten, soll das Blut mehr Faserstoff ausscheiden, es bildet unter Umständen eine Speckhaut (S. 388, 399, 418). Wo sich mehr Fibrin ausscheidet, deutet das auf einen grösseren Reichthum des Blutes an fibrinogener Substanz, da alles Blut fibrinoplastische Substanz im Ueberschuss enthält. Im späteren Verlauf der Entzündungskrankheiten sehen wir, wie bei allen consumirenden Leiden, die wesentlichen Blutstoffe, namentlich Blutkörperchen und Blutfarbstoff, abnimmt. Im leukämischen Blute, über dessen Reichthum an weissen Körperchen oben referirt wurde, fand SCHERER auffallend viel Harnsäure, Hypoxanthin und Glutamin (Collagen), KÜHNE macht darauf aufmerksam, dass dieses Vorkommen von Collagen die Leukämischen Blutzellen zu den Zellen des Bindegewebes in Beziehung zu setzen scheint, deren Function die Bildung eines collagenen Gewebes ist. BÖDEKER gelang es auch, aus den Eiterzellen Glutin darzustellen, v. GORUP-BESANEZ fand jedoch kein wahres Glutin im leukämischen Blute, sondern einen leimähnlichen Körper. Auch G. SALOMON vermisste in zwei Fällen lienaler Leukämie im Blute Harnsäure und Glutin, dagegen fand er Hypoxanthin zu 0,007—0,044% und Fleischmilchsäure zu 0,05—0,064%. Die Milz enthielt Glutamin und Glycocoll, Hypoxanthin, Xanthin, Leucin, Tyrosin, aber keine Harnsäure. Auch die Pericardialflüssigkeit enthielt Hypoxanthin. Im Urin fand man weder Fleischmilchsäure, noch Hypoxanthin. Blut bei carcinomatöser Pleuritis enthielt ebenfalls Hypoxanthin und Spuren von Fleischmilchsäure 0,007%. In der Cholera wird das Blut sehr wasserarm, theerähnlich, ebenso nach allen starken Erbrechen, z. B. der Säuglinge (Atrophie). In der Cholera nimmt das Blutserum aus den Blutkörperchen Kalisalze und Phosphate auf, deren Menge in den Blutkörperchen entsprechend abnimmt. Bei der bekannten Giftigkeit der Kalisalze kann eine solche Anhäufung derselben im Serum an den Krankheitserscheinungen der Cholera, z. B. den Krämpfen, nicht unbetheiligt sein. Auch die Harnstoffmenge im Blut nimmt zu, es findet sich in allen Organen Harnstoff, der dann auch massenhaft im Schweiss ausgeschieden wird. Bei Dysenterie sinkt das specifische Gewicht des Blutes, weil der Gehalt an Eiweissstoffen (nicht der an organischen Salzen) abnimmt. Bei allgemeinen Wassersuchten ist der Wassergehalt des Blutes erhöht. Bei Scorbut soll das Blut wasserreicher und reicher an Fibrin sein. Bei Arthritis steigt in der Regel der Harnsäuregehalt des Blutes. GARROD fand, dass das Blut der Arthritiker, in einem Uhrglase direct mit etwas Salzsäure versetzt, an einem hineingelegten Wollenfaden Harnsäurekrystalle absetzt. Bei Urämie (siehe Harn) häufen sich im Blute alle Harnbestandtheile an, die Kalisalze scheinen besonders an den Symptomen sich betheiligend. Bei Icterus lässt sich Gallfarbstoff durch die GMELIN'sche Reaction im

Blutserum direct nachweisen, auch gallensaure Salze finden sich. Bei Diabetes fand man das Blut oft stark zuckerhaltig. Ueber Veränderung des Wassergehaltes des Blutes cf. auch oben S. 442. Der Haemoglobingehalt des normalen Blutes beträgt nach H. QUINCKE etwa 45 Vol. pCt. Er sinkt bei Chlorose (5,4%) und Leukämie (3,8%), auch nach wiederholten Blutverlusten und schweren konsumirenden Leiden (z. B. Pyämie 3te Fieberwoche) auf 44,8%.

In entzündeten Organen heften sich die weissen Blutkörperchen an die Wandungen der dann erweiterten Kapillaren und Venenanfänge an, wodurch das Strombett verengt, der Blutstrom verlangsamt wird, theilweise treten sie hierbei durch die Wandungen des Gefässrohrs hindurch (cf. Diapedesis).

Lösung von Blutfarbestoff hat man bei Haematurie (der Rinder) beobachtet. Chlorsaures Kali, salpetrigsaures Natron, Einathmung von Amylnitrit und Untersalpetersäuredämpfen bilden Methaemoglobin im Blute.

---

## Elftes Capitel.

# Die Blutbewegung.

### I. Das Herz.

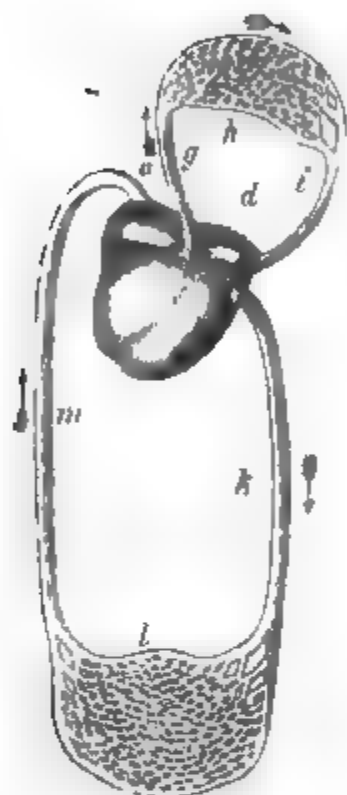
#### Allgemeine Beschreibung der Blutbahn.

Die Bewegung des Blutes beginnt im Herzen und kehrt, nachdem sie die Bahn der Gefässe durchlaufen, wieder zu ihrem Ausgangspunkte zurück, sie ist also ein Kreislauf und geschieht immer in derselben Richtung. Der Hauptbewegungsantrieb geht vom Herzen aus, das als doppeltes Pumpwerk in den Mittelpunkt der Blutbahn eingesetzt ist.

Die Blutbahn beginnt mit einem einfachen, röhrenförmigen Gefäss — Aorta — welches aus der linken Herzhälfte entspringt; sie verzweigt sich in der Folge vielfältig und erweitert ihr Lumen dadurch bedeutend, da die Querschnitte der aus einem einfachen Gefässe entspringenden feineren Zweige meist grösser sind, als der Querschnitt des einfachen Gefässes. Nur für mittelstarke Arterien gilt diese Regel nach BENKE nicht; er fand den Querschnitt der Aorta abdominalis 2 cm über der Bifurcation constant grösser, als die Summe der Querschnitte der beiden Iliacae comm.; dasselbe Verhältniss fand er für die Aorta ascendens und die 3 Hauptzweige der Aorta. Die Zweige der Aorta werden immer feiner, schliesslich zu Kapillaren, welche die kleinsten Gewebsabschnitte regelmässig umspinnen und deren Wandungen zwischen dem Blut und den Gewebsflüssigkeiten Diffusionsverkehr und durch die Stomata directen Stoffaustausch gestatten, während die grösseren Gefässe namentlich durch ihren inneren festen Epithelbeleg während des Lebens für die Blutflüssigkeit undurchgängig sind. Alle Abgabe von Blutbestandtheilen an die Gewebe erfolgt durch die Kapillarwand, ebenso, mit Ausnahme der Lymphe, auch die Einnahme in das Blut. Die breiteste Stelle der Gefässbahn, das Kapillargefässsystem, verschmälert sich endlich dadurch wieder, dass die Kapillaren sich zu grösseren Stämmchen vereinigen, die dann in umgekehrter Weise, als die eben geschilderte Verzweigung vor sich ging, zu immer grösseren Stämmen zusammentreten und in die rechte Herzhälfte, welche von der linken durch eine Scheidewand vollkommen getrennt ist, einmünden. Man nennt diesen eben beschriebenen Weg den grossen Kreislauf, mit Unrecht, da das Blut hier zwar zum Herzen, aber noch nicht zu seinem wahren Ausgangspunkte zurückgekehrt ist. Um die

Bahn zu vollenden, wird das Blut aus dem rechten Herzen durch das zweite arterielle Hauptgefäss: die Lungenarterie, *A. pulmonalis*, in die Lunge getrieben, wo es ein zweites Kapillargefässsystem zu durchlaufen hat, aus dem es in mehreren Gefässen dem linken Herzen zuströmt, um von dort, wo es seinen Ausgang genommen, auf demselben Weg den Kreislauf von Neuem zu beginnen. Im Gegensatz zu dem grossen Kreisläufe wird die Bahn des Blutes durch die Lungen von der rechten zur linken Herzkammer (ebenfalls missbräuchlich) als **kleiner oder Lungenkreislauf** bezeichnet (Fig. 402).

Fig. 402.



**Kreislaufeschema.** *k* Arterie des grossen Kreislaufts, die sich bei *l* in die Kapillaren auflöst, *m* die daraus entspringenden Venen des grossen Kreislaufts, die bei *a* in den rechten Vorhof einmünden, *g* Lungenarterie, *h* Lungenkapillaren, *i* Lungenvenen, die bei *d* in den linken Vorhof einmünden.

In den beiden Abschnitten des Gefässsystemes im grossen und kleinen Kreisläufe sehen wir das Blut bis zur Auflösung der Bahn in die Kapillargefässe vom Herzen weg, dann, nachdem es die Kapillaren passiert, wieder dem Herzen zuströmen. Die Gefässe, welche das Blut centrifugal zu den Kapillaren führen, heissen im grossen und kleinen Kreisläufe **Arterien**; die Gefässe, welche centripetal von den Kapillaren zum Herzen das Blut leiten, werden als **Venen** bezeichnet.

Aus dem linken Herzen strömt in den Arterien des grossen Kreislaufts hellrothes, arterielles Blut den Geweben zu. In den Körperkapillaren verändert sich die Farbe des Blutes, indem es Sauerstoff an die Gewebe abgibt und dafür Kohlensäure in sich aufsaugt, es wird dadurch dunkelrothes venöses Blut. Dieses venöse Blut strömt in den Venen des grossen Kreislaufts zu dem rechten Herzen zurück. Die Haupterneuerung des Blutes, die dem im Verkehr mit den Gewebssäften dunkel gewordenen Blute seine arterielle, hellrothe Farbe wieder ertheilt, geschieht in der Lunge. Das Gefäss, welches das dunkel gefärbte, venöse Blut aus dem rechten Herzen der Lunge zuführt, wird nach dem angeführten Grundsatz, dass alle Gefässe, welche das Blut vom Herzen wegführen, **Arterien** heissen, als **Lungenarterie** bezeichnet. Sie führt aber kein arterielles, hellrothes, sondern dunkles, venöses Blut. In den Lungenkapillaren geht die wichtige Farben- und sonstige Eigenschaftsveränderung des Blutes vor sich, die Lungenvenen, welche das Blut aus den Lungen zu dem linken Herzen zurückführen, enthalten sonach nicht venöses, sondern hellrothes, arterielles Blut.

Die Gesamtblutmenge hat die besprochenen zwei Kapillarsysteme zu durchfliessen. Ein Theil des Venenblutes, und zwar das aus den Kapillaren der Milz und des Darmes stammende, wird in einem kurzen Venenstamm, der **Pfortader**, vereinigt, die sich in der Leber noch einmal zu einem Kapillarsystem auflöst, das sein Blut in den Lebervenen von Neuem sammelt und durch die untere Hohlader dem rechten Herzen zusendet. Dieser Antheil des Blutes durchsetzt also ein dreifaches Kapillarsystem, ehe es zu dem linken Herzen wieder zurückkehrt. Man bezeichnet oft (missbräuchlich) diesen Theil der Strombahn des Blutes als: **Pfortaderkreislauf**.



Sehen wir von der Pfortader ab, so zerfällt die schematische Blutbahn (Fig. 102) in zwei symmetrische Hälften, in eine, welche arterielles Blut, und in eine zweite, welche venöses Blut führt. Das arterielle Blut fliesst von den Lungenkapillaren zur linken Herzkammer und von da zu dem Körperkapillarsystem, das venöse Blut strömt dagegen von dem letzteren Kapillarsysteme aus zu den Lungenkapillaren durch die rechte Herzkammer. Linke und rechte Herzkammer sind in gewissem Sinne functionell so vollkommen von einander geschieden, dass man sie wohl auch als linkes und rechtes Herz bezeichnet. Beide Hälften der Blutbahn haben nach dieser Anschauungsweise etwa in der Mitte ihres Verlaufes je ein Herz als Pumpwerk eingeschaltet, das die Bewegung des Blutes in ihnen besorgt.

**Die Entdeckung des Kreislaufs.** — Die Erkenntniss des Blutkreislaufs, ohne die eine richtige Erkenntniss der organischen Vorgänge im Körper der Thiere und des Menschen unmöglich war, ist erst eine verhältnissmässig sehr neue Errungenschaft der Physiologie. Das Alterthum und das Mittelalter hatten von diesem Vorgange keine Ahnung. HIPPOKRATES kannte alle blutführenden Gefässe Adern. In dem ihm zugeschriebenen Buche über die menschliche Natur sehen wir die aufgezählten vier Hauptgefässpaare nicht einmal mit dem Herzen in Verbindung. Das erste Gefässpaar entspringt im Nacken und endigt auswärts, das zweite beginnt am Kopfe, bildet am Halse die Drosseladern und endet an der Fusswurzel; das dritte verläuft von den Schläfen durch die Brustorgane zum Mastdarm; das vierte beginnt an der Niere, geht durch die Lungen nach den Armen bis zu den Fingern, kehrt aber von da zu den inneren Theilen des Leibes zurück. ARISTOTELES' Lehre stimmt im Allgemeinen mit der des HIPPOKRATES in Beziehung auf die Blutgefässe überein. Er nennt die Luftröhre Arterie. In einem späteren, dem ARISTOTELES wohl fälschlich zugeschriebenen Werke (Arist. de spirit.) wird die so lange herrschend gebliebene Ansicht über die Arterien aufgestellt. Man unterschied sie von den Venen und behauptete, dass sie, wie die Luftröhre, nicht Blut, sondern Luft führten. Die Lungenvenen bringen den »belebenden Lufthauch« von der Lunge her, und dieser ergiesst sich in die Arterien. Nach der Lehre GALEN's enthalten die Arterien nicht blosse Luft, sondern nur ein feineres, reineres, luftartigeres Blut als die Venen, aus denen sie übrigens gespeist werden. Der Hauptirrthum, welcher dieser Annahme der alten Zeit zu Grunde lag und sich während des ganzen Mittelalters erhielt, war, dass man glaubte, das Blut flosse in denselben Bahnen vom Herzen weg und wieder zu demselben zurück. BERENGAR, 1502—1527 Professor in Bologna, entdeckte zuerst an einigen Punkten die Klappen in den Venen, welche eine Bewegung der Flüssigkeit in ihnen zum Herzen zu gestatten. FABRICIUS VON AQUAPENDENTE beschrieb diese Klappen 1574 in den meisten Venen des Körpers. Vorher schon hatte MICHAEL SERVETO 1553 die Bewegung des Blutes aus dem rechten Herzen durch die Lungen in das linke Herz anerkannt, während er sonst ein Durchschwitzen desselben aus der rechten in die linke Herzkammer durch die Scheidewand annahm. Die Entdeckung des eigentlichen Gesamtvorganges der Blutbewegung war dem Engländer WILHELM HARVEY aus Folkestone (geb. 1578, gest. 1657) vorbehalten. Siebzehn Jahre der Forschung hatten in ihm die Lehre vom Kreislaufe zur Gewissheit erhoben; er trat damit im Jahre 1649 öffentlich hervor und lehrte die Rückkehr des Blutes durch die Venen und schliesslich durch die Hohlvenen in die rechte Herzkammer. Das Blut strömt von hier zu den Lungen, von ihnen neubelebt zur linken Herzkammer, welche es dann durch die Arterien nach allen Theilen des Körpers entsendet. Schon 1630 trugen J. ROLLINKE, 1637 REN. CARTESIUS die neue Lehre in Deutschland und Frankreich vor. Wir werden in einem späteren Capitel sehen, in wie inniger Beziehung diese grösste Entdeckung der Physiologie zu einer kaum minder grossen: der Enträthselung des inneren Vorganges der Athmung steht.

### Physiologische Anatomie des Herzens.

Wir beginnen unsere specielle Betrachtung des Kreislaufes mit dem Centralorgan desselben, mit dem Herzen, dessen aktive Zusammenziehung die Kraft liefert, welche das Blut durch die Arterien und Kapillargefässe in die Venen einpresst. Das Herz ist vorwiegend eine Druckpumpe; seine Saugwirkung wird S. 445 beschrieben.

Es ist Sache der Anatomie, den entsprechenden Bau des Herzens in seinen Einzelheiten zu schildern. Für unsere Zwecke genügt es vorerst, zu wissen, dass das Herz ein muskulöser Schlauch ist, der in vier Hohlräume zerfällt, von denen je zwei, Vorkammer und Kammer, direct in einander münden, von den beiden andern aber durch eine vollkommene Scheidewand getrennt sind. An den Einmündungsstellen der Vorkammern in die Kammern, sowie an den Anfangsstücken der aus den Herzkammern entspringenden beiden grossen Arterien Aorta und Pulmonalis, stehen ventilartige Klappen, welche im normalen Verhalten die Blutbewegung nur in dem Sinne des Kreislaufs gestatten, indem sie sich jedem Rückwärtsströmen des Blutes vollkommen widersetzen.

Die Gesamtgrösse und das Gewicht des Herzens ist ziemlich bedeutend Schwankungen unterworfen. Im Mittel wiegt es etwa 300 Gramm und schwankt normal zwischen 240 — 450 Gramm (KRAUSE). Bei Frauen ist es im Durchschnitt etwas kleiner, als bei Männern, überhaupt hängt die Herzgrösse das Innigste mit der Gesamtentwicklung des Organismus und der Muskulatur zusammen.

Das Herz ist in eine seröse Hülle: den Herzbeutel, das Perikardium eingestülpt, dessen inneres Blatt die Aussenfläche des Herzens überzieht.

Im Innern werden alle vier Herzhöhlungen von einer Fortsetzung der inneren Gefässhaut: dem Endokardium ausgekleidet, das an den Vorhöfen die Fortsetzung der Gefässwand bildet und wesentlich zu deren Elasticität beiträgt. Zwischen dem visceralen Blatt des Herzbeutels und dem Endokardium liegt die Muskulatur des Herzens. Ihre Bündel sind roth und quergestreift. Die Muskelschläuche scheinen im Allgemeinen schmaler, als in den willkürlichen Stammuskeln, das Sarcolemma meist undeutlich; auch die Querstreifung ist sehr oft durch eine körnige Trübung des Inhaltes der Primitivmuskelschläuche verwischt. Das Zwischenbindegewebe ist wenig entwickelt, so dass man weniger, wie bei anderen quergestreiften Muskeln, scharf gesonderte Muskelbündel nachweisen kann. Die mikroskopischen Muskelschläuche sind eng mit einander verbunden, und es fällt bei ihnen die Erscheinung der Theilung und Verbindung von Muskelschläuchen mit einander durch längere oder kürzere Verbindungsstücke an, so dass die mikroskopischen Muskelemente netzförmig verbundene Reihen darstellen. Die Herzmuskelfasern (Muskelzellketten) gehen aus einer Verschmelzung einzelner reihenweis angelagerter Zellen hervor (KÖLLIKER u. A.). RANVIER hat gezeigt, dass auch im ausgebildeten Zustand der Herzmuskulatur der Wirbelthiere (Menschen) eine Sonderung der einzelnen Zellen von einander fortbesteht. Die die Muskelfasern zusammensetzenden ein- oder mehrkernigen Zellen zeigen ihre Kerne central gelagert, sie sind durch quere Scheidewände (G. R. WAGNER hält die als Scheidewände gedeuteten Contouren für Artefacte) von einander getrennt und verbinden sich durch Zellausläufer in der angestrebten Richtung.

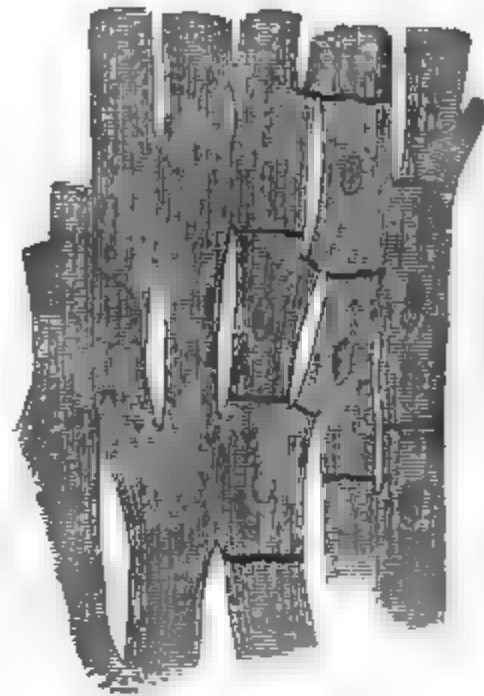
reise mit Zellen neben ihnen verlaufender Reihen (Schwinger-Schmelz). Sie mögen mit zu der mannigfaltigen Durchkreuzung der Bewegungen der Herzmuskulatur beitragen. An den Herzkammern liegt die Muskulatur in mehreren Lagen über einander, besonders das linke Herz ist dicker wandig, das rechte ist weit dünnwandiger. Die Muskulatur an den Vorkammern ist verhältnissmässig spärlich.

Verlauf der Muskelfasern des Herzens ist sehr verwickelt. Sicher ist es, dass Vorkammer und Kammern Muskulatur gänzlich von einander getrennt sind, während die Fasern von der einen Kammerhälfte auf die andere übergehen. Beide Ventrikel und beide Vorhöfe arbeiten gleichzeitig, während Vorhöfe und Ventrikel unabhängig von einander contrahiren.

Die Ursprungsstelle der Herzmuskulatur vorzüglich um die Einmündungsöffnungen der Vorkammern in die Kammern und die Mündung der Arterien, wo sich jene muskulösen Ringe finden, welche die Gefäßöffnungen umkreisen und als Annuli fibrocartilaginei bekannt sind. Die Muskulatur der Vorhöfe geht ebenso wie die der Ventrikel von einer Hälfte auf die andere über.

Die Innenwand der Vorhöfe gehört in ihren Fasern sowohl dem rechten, als dem linken Vorhofe an. Auch die Kammerscheidewand ist der Muskulatur der Kammern gemeinschaftlich. Nach KÖLLIKER ist die Muskulatur in den Ventrikeln im Allgemeinen so angeordnet, dass die Fasern sich sowohl an der inneren als an der äusseren Fläche in ihrem Verlaufe durchkreuzen und dass sich dann Uebergänge aus der einen in die andere Richtung erkennen lassen. Die Fasern entspringen an den Klappenringen (Ostia venosa und Aorten- und Pulsmündung) theilweise mit kurzen Sehnen, theilweise direct, verlaufen in verschiedenen Richtungen: entweder schief, der Länge nach oder quer, je nachdem sie in einer der angegebenen Richtungen einen grösseren inneren Abschnitt der Kammern umkreist haben, wieder zurück zu ihrem Ursprung, in dessen Nähe sie sich wieder ansetzen. Sie bilden also fast Schleifen (Fig. 104), die sich in ihren Richtungen auf das Mannigfaltigste durchkreuzen und fast alle mehr oder weniger um sich gedreht sind. Die Fasern gelangen nicht mehr zu ihrem Ausgangspunkte zurück, sondern schlagen sich in die Papillarmuskeln um, welche endigen an den Sehnen der Klappen (Chordae tendinae). Für die spiralförmige Anordnung der Muskulatur ist der Grund wahrscheinlich in entwicklungsgeschichtlichen Momenten zu suchen, da der ursprüngliche Herzschlauch bei seiner Ausbildung keine einfache schleifenförmige Biegung, sondern auch eine Spiraldrehung durchläuft, durch welche die ursprünglich vorhandenen Längs- und Quermuskelfasern eine entsprechend veränderte Richtung ihres Verlaufes annehmen.

Fig. 103.

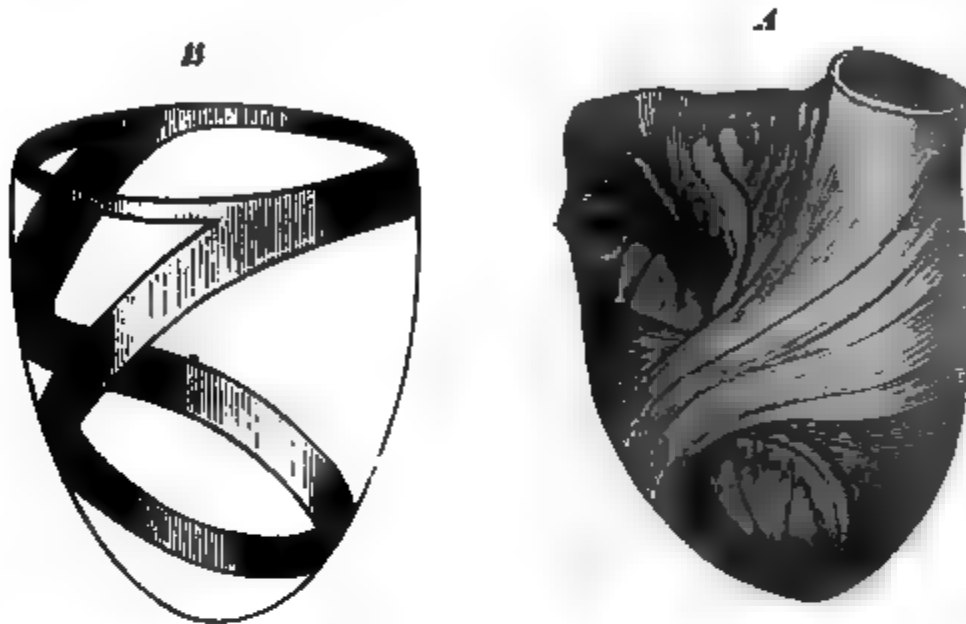


Anastomosirende Herzmuskelfäden in der Längsrichtung. Rechts sind die Grenzen der einzelnen Zellen und ihre Kerne halb-schematisch eingetragen.

müssen (SCHWIGGER-SEIDEL). Bei den Arterien scheint ebenfalls die Musk auch im entwickelten Zustand auf zwei sich rechtwinkelig kreuzende Sch zurückgeführt werden zu müssen, von welchen die äussere circular verlä

Das Endokardium überzieht die ganze vielgestaltige Innenfläch Herzens mit allen Hervorragungen und Klappen. Letztere, welche aus f

Fig. 104



Schema des Faserverlaufs der Herzkammermuskulatur (nach Lydwio).

gewebe mit eingelegten elastischen Fasernetzen und Muskelfasern KÜRSCHNER u. A.) (in den Atrioventricularklappen) bestehen, werden auf beiden Flächen von dem Endokardium bedeckt, so dass man noch bis ihren Rand drei gesonderte Lagen an ihnen unterscheiden kann. Am l verschmelzen letztere. Das Endokardium überkleidet dort die faserige Ha noch mit Epithelzellen. Das Endokardium ist von weisser, sehnenartiger und lässt drei Schichten unterscheiden: ein Epithel aus vieleckigen ode strecken, kernhaltigen, platten Zellen, welche eine mehr oder weniger Lage elastischen Gewebes bedeckt, das sich besonders in den Vorkammern zwar am meisten in der linken verdickt zeigt. Eine schwache Bindegewel befestigt das Endokardium an seine Unterlage. Im Innern der Herzkau ist es so dünn, dass überall die natürliche Farbe der Muskeln durchschim doch auch hier lassen sich die drei Schichten noch nachweisen. Nach SCHWIG SEIDEL betheiligt sich auch Muskelgewebe, und zwar glattes und quergestre an der Endokardiumbildung. Die glatten Fasern sollen zwischen den elasti Lamellen liegen.

Die Blutgefässe, welche das Herz selbst mit Blut versorgen, umsp mit ihren Kapillaren in rechteckigen Maschen häufig nicht nur eine, wie b anderen quergestreiften Muskeln, sondern mehrere der dünnen, mikroskopi Muskelfasern. Auch in die Klappen gelangen kleine ernährende Gefässe wie in das Peri- und Endokardium. Die Venen gehen in die Kapillaren rasch über, indem mehrere kapillare Gefässchen sofort zu einem die Stämmchen zusammentreten, was den Abfluss des Blutes wesentlich erleic muss. Lymphgefässe lassen sich im Peri- und Endokardium als eng- weitmaschige Netze nachweisen, einzelne Lymphgefässe dringen auch i

Klappen ein (EBERTH). Nach SCHWEIGGER-SEIDEL ist auch die Herzmuskulatur selbst reich an Lymphgefässchen, die theils röhrenförmig mit den oben genannten Netzen zusammenhängen, theils spaltartig (HENLE), aber mit einem dem Lymphgefässendothel analogen Häutchen ausgekleidet, ein sich mannigfach verbindendes Canalsystem zwischen den Muskelfasern bilden.

Ueber die Nerven folgt das Nähere unten.

**Chemie des Herzfleisches.** — Die chemische Zusammensetzung des Herzfleisches stimmt im Allgemeinen mit der der willkürlichen, quergestreiften Muskeln überein. Wir werden bei der Vergleichung der Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Muskel- fleisches durch vorausgegangene bedeutende mechanische Leistungen (Contractionen) erkennen, dass das Herz sich wie ein stark angestrenzter Muskel verhält, was bei seiner stillosen Thätigkeit nicht auffallen kann. Es zeigt vor Allem konstant einen ziemlich viel höheren Wassergehalt, als die übrigen Körpermuskeln. E. BISCHOFF fand in den Stamm- muskeln eines Hingerichteten:

festen Stoffe . . . . .	24,30/0 .
Wasser . . . . .	75,7 -

Im Herzfleische:

festen Stoffe . . . . .	20,8 -
Wasser . . . . .	79,2 -

Ähnliche Verhältnisse finden sich bei allen Säugethieren. Der Fleischsaft des Herzens ist ausgezeichnet durch das Vorkommen einer nicht gährungsfähigen Zuckerart: des Inosit (SCHERER), welche in anderen Muskeln noch nicht mit Sicherheit erwiesen scheint. Man sollte bisher einen grösseren Gehalt des Herzfleisches an Kreatin aufgefunden haben, als in den übrigen Muskeln desselben Thieres: GREGORY fand im Ochsenherzen 1,4, im Ochsen- fleisch nur 0,6 pro mille Kreatin. Das Verhältniss ist gerade umgekehrt, das Herz enthält weniger Kreatin, dagegen wohl stets einen Gehalt von Kreatinin, das den ruhenden Mus- keln gewöhnlich fast vollkommen fehlt und durch die Einwirkung der während der Contrac- tion entstehenden sauren Reaktion des Muskelsaftes aus dem Kreatin gebildet scheint. In Beziehung auf die übrige Zusammensetzung gilt alles bei den Skelettmuskeln Gesagte.

## Die Bewegungen des Herzens.

Das Herz erscheint während des Lebens fast in unausgesetzter Bewegung. Ziehen sich seine Vorkammern und Kammern in abwechselndem Rhythmus zusammen und erschlaffen, erweitern sich wieder. Die Zusammenziehung heisst Systole, die Erweiterung Diastole. Die beiden Vorkammern arbeiten im- mer gemeinschaftlich, gleichzeitig, ebenso die beiden Herzkammern. Nähere Beobachtungen ergeben, dass es eine kleine Pause gibt, während deren das gesamte Organ ruht. Diese Pause folgt auf jede Kammersystole. Während dann die Kammern erweitern, folgt auf die Pause eine Contraction der Vor- kamern, dann eine immer etwas länger dauernde Zusammenziehung der Kam- mern, auf welche dann wieder die kurze Gesamtruhe eintritt, nach deren Ablauf die Contractionen in steter Regelmässigkeit wieder beginnen.

Während der Gesamtpause der Contractionen saugt sich das Herz mit Blut voll, so dass sowohl Vorkammern als Kammern mit Blut er- füllt sind. Die Erweiterung, auf welcher diese Ansaugung beruht, geschieht, zwischen von der unten zu besprechenden Selbststeuerung des Herzens (150), theils durch die Wirkung der Elasticität des Herzens, — auch ausge-



schnittene Herzen erweitern sich noch nach der Contraction; bei grossen Thieren fanden GOLTZ und GAULE den hierauf beruhenden, von der Athmung unabhängigen Saugdruck einer Wassersäule von 320 mm = 23,5 mm Quecksilber gleich, bei gesunden Menschen ist er wahrscheinlich noch grösser; — ein zweiter Grund der eintretenden Erweiterung im unversehrten Organismus liegt aber in dem negativen Druck, der in der Brusthöhle, in der das Herz mit den grossen Gefässen eingeschlossen liegt, herrscht. Der Einfügungsmodus der Lungen in dem Brustraume bringt es mit sich, dass sie, auch ehe sich der Brustkorb bei der Einathmung erweitert, über die natürliche Grenze ihrer Elasticität ausgedehnt sind. Dadurch wird beständig auf alle in der Brusthöhle selbst liegenden oder sie begrenzenden Organe ein negativer oder Saugdruck ausgeübt, der die betreffenden Organe in den von den ausgedehnten, sich zu verkleinern bestreuten Lungen eingenommenen Raum hineinziehen muss. Hierin liegt auch der Grund, warum wir bei mageren Leuten die Zwischenrippenräume beim Einathmen einsinken sehen, und warum stets alle Hohlorgane in der Brusthöhle ausgedehnt erhalten werden. Sowie die Herzcontraction nachlässt und die Wirkungen des negativen Druckes in der Brusthöhle keinen übermächtigen Widerstand mehr entgegengesetzt, dehnt sich das Herz aus und saugt die Vorkammern und Kammern aus den grossen Venen mit Blut voll. Ein etwaiger Rückfluss des Blutes aus den Arterien in das Herz ist während der Diastole durch den Verschluss der Semilunarklappen gehindert. Wenn also die Herzcontractionen beginnen, ist sowohl in Vorkammern als Kammern schon Blut.

Die Systole der Vorkammern wird zuerst an den Venenmündungen als Contraction und Verengerung sichtbar, von da schreitet sie über die ganze Muskulatur in der Vorkammer fort. Das in der Vorkammer enthaltene Blut wird durch den erhöhten Druck, da ein Rückfluss in die grossen Venen durch die aktive Verengerung ihrer Mündungen und die entfernteren Venenklappen gehindert ist — an der Koronarvene und der unteren Hohlvene existiren sogar an ihrer Einmündungsstelle wahre Klappeneinrichtungen — in die schon mit Blut erfüllte Kammer eingepresst, deren Atrioventrikularklappen offen stehen, deren Wände während ihrer Erschlaffung noch einer stärkeren Ausweitung fähig sind. Die Kammer kann also noch so lange Blut in sich aufnehmen, bis der Druck in Vorhof und Kammer gleich geworden ist. Ein geringer Druckunterschied zu Gunsten der Kammer reicht dann hin, die Klappen zwischen Vorkammer und Kammer zu schliessen. Es scheint dieses Uebergewicht zu Gunsten des Druckes in der Kammer dadurch zu Stande zu kommen, dass gegen Ende der Vorkammersystole, wenn der Druck auf beiden Seiten gleich geworden ist, die Energie der Vorkammercontraction etwas nachlässt. Das Blut sucht nun aus der ausgedehnten Kammer zurückzuströmen und presst dadurch die Zipfel der Klappen an einander, wobei vielleicht auch die S. 444 u. 447 erwähnten Klappenmuskeln unterstützend eintreten (cf. unten). — Dann folgt die Systole der Kammer, während der Vorhof erschlafft. Der Verschluss der Kammer-Vorkammerklappe wird in Folge davon noch fester. Einmal, weil durch die Contraction gesteigerte positive Druck in der Kammer die Klappenzipfel stärker an einander presst; andererseits werden aber auch durch die Contraction der Papillarmuskeln, an die sich die Klappenzipfel durch Sehnenfäden anheften, die entsprechenden Klappenzipfel einander genähert. I



Sehnenfäden der beim Schluss an einander liegenden Klappentheile setzen sich meist an denselben Papillarmuskel an, sie werden also durch seine Contraction gegen einander gezogen. Ein vollkommener Verschluss dieser Klappen ist, wie angegeben, schon vor der Contraction vorhanden, da bei der Systole in den Kammern kein Zurückströmen von Blut in die Vorkammer stattfindet. Die Contraction der Kammern steigert den Druck so weit, dass die gespannten Semilunarklappen der Arterie geöffnet, an die Arterienwand angepresst werden und den Austritt des Blutes aus der Kammer in die Arterie gestatten. In dem Anfangstheile der Arterie wird durch die stärkere Füllung natürlich momentan der Druck bedeutend gesteigert. Sobald die Diastole der Kammer eintritt, wird der Druck, wie wir gesehen haben, negativ, sie füllt sich von den Venen mit Blut. Die Semilunarklappen aber schlagen, durch den in der Arterie entstehenden Ueberdruck ausgedehnt und an einander gepresst, wieder zusammen und bilden einen so vollkommenen Verschluss, dass aus der Arterie kein Tropfen Blut in die Kammer zurückfliesst.

Nun sind wir im Stande, die Mehrzahl der genannten Vorgänge dem Auge sichtbar zu machen. Ein ausgeschnittenes Froschherz schlägt noch Stunden lang, aber auch bei Säugethieren, denen wir die Brusthöhle geöffnet haben, kann man, wenn künstliche Athmung unterhalten wird, die Contractions-Erscheinungen des Herzens sehr schön, und der in Worten nur schwer anschaulich zu beschreibende Vorgang wird durch den Anblick leicht verständlich, besonders wenn bei beginnender Ermüdung des Herzens sich die Contraktionen immer folgen. Bei gewöhnlicher Pulsfrequenz nimmt die Kammersystole  $\frac{2}{5}$ , die Diastole etwa  $\frac{3}{5}$  der ganzen Periode in Anspruch (VALENTIN, 1875). Nach DONDERS variirt bei Veränderung der Pulsfrequenz nur die Dauer der Diastole, während die Dauer der Systole constant bleibt. (Ueber Volumen des Herzens cf. Cap. XII.)

Nach PALADINO, welcher die Muskelfasern in den Atrioventrikularklappen bei Menschen studirte, sind diese Klappen selbständig contractil. Ihre Muskelfasern stehen mit den Papillarmuskeln in directer Verbindung, ihre Contraction hebt die Klappen von der Ventrikelwand ab und betheiligt sich damit an dem Klappenschluss.

LAZARUS, FICK u. A. haben (bei Hunden) über den Blutdruck im Herzen directe Bestimmungen angestellt. Im rechten Vorhof schwankt nach FICK der Blutdruck nur sehr unbedeutend und ist nahezu  $\approx 0$ , d. h.  $\approx$  Atmosphärendruck. Bei der Expiration steigt der Druck über Null, bei der Inspiration sinkt er bis 40 mm Quecksilber unter Null. Im rechten Ventrikel beträgt der höchste Druckwerth bei der Systole zwischen 48—42 mm Quecksilber. Der Druck steigt mit dem Beginn der Systole rapid zu dieser Höhe an, um dann mit Beginn der Diastole ebenso rasch wieder abzusinken und für die ganze Dauer derselben constant so zu bleiben. Im linken Ventrikel erreicht der Druck während der Systole in maximum 120 mm Quecksilber. Bei sehr schnellem Herzschlag glaubte FICK zu bemerken, dass hier der Druck in der Aorta grösser werde, als im linken Ventrikel, sodass das Blut aus dem Ventrikel nur noch durch die ihm im Ventrikel ertheilte Geschwindigkeit in die Arterie beschleunigt werden könne. GOLTZ und GAULE constatirten, dass diese letztere Ansicht FICK's auf einer durch seine Experimentalmethode bedingten Täuschung beruhe; sie fanden den Druck in der Aorta stets etwas geringer, als im linken Ventrikel. Nach ihnen verhält sich der Druck im rechten Herzen zu dem im linken wie 2 : 5.

### Form- und Lageveränderung des Herzens bei der Contraction.

Die Herzcontractionen sind mit Formveränderung des ganzen Herzens knüpft. Alle Muskeln werden bei der Contraction kürzer und dicker, eben das Herz. Sein Längendurchmesser wird etwas verkürzt, sein Dickendurchmesser von vorne nach hinten nimmt dabei etwas zu. Die Kammern haben eine kegelförmige Gestalt, deren Basis an der Vorhofsgrenze liegt. Während der Diastole der Kammern ist die Gestalt des Durchschnittes der Kammerbasis elliptisch. Der kleine Durchmesser der Ellipse läuft von vorne nach hinten, der grosse von rechts nach links. Während der Systole verändert sich die elliptische Form in eine kreisrunde, der Querdurchmesser wird also verkürzt, während der Durchmesser von vorne nach hinten um ebensoviel vergrössert wird.

Ausser dieser Formänderung wechselt das Herz bei jeder Contraction auch etwas seine Lage im Brustraume. Seine Basis steigt etwas nach abwärts und indem das Herz sich um eine durch den längeren Durchmesser der elliptischen Kammerbasis gelegte Queraxe dreht, wird die Herzspitze etwas nach vorwärts gerückt. Dieses »Aufrichten der Herzspitze« ist an ausgeschnittenen auf der Hinterseite liegenden Froschherzen deutlich zu sehen, so dass es nicht von der Aufhängungsweise des Herzens in der Brust herrühren kann. In diesem Andrücken der Herzspitze beruht der bei den meisten Menschen zwischen der 5. und 6. Rippe zu fühlende Herzstoss oder Herzschlag. Die Contraction drückt die schon meistens während der Diastole an der Brustwand anliegende Herzspitze an diese noch stärker an und wölbt bei mageren Individuen den betreffenden Zwischenrippenraum sichtbar in die Höhe. Fast immer ist der Herzstoss für den aufgelegten Finger fühlbar. Bei tiefer Inspiration rücken die Lungenränder beider Lungen über das Herz her, indem sie zwischen Brustwand und Herzbeutel einschieben. Dadurch kann der Herzstoss ganz verdeckt werden. Bei der Expiration muss er am deutlichsten sein, dann das Herz, mit einer ziemlich bedeutenden Fläche von den Lungen bedeckt, der inneren Brustwand anliegt.

Eine Anzahl Experimentatoren behaupten, dass bei der Systole mit der Herzbasis die Herzspitze nach unten und links rücke, und zwar nach Beobachtungen am Menschen bei angeborenem Mangel des Sternums, frischen und verheilten Thoraxwunden mit Auflegung des Herzens etc. (SKODA, BAMBERGER, GERHARD u. A.) Diese Verschiebung des Gesamtherzens nach abwärts wird auf Streckung der grossen Gefässe bei der Bluteinpressung oder auf »Rückstoss« bezogen. Bei Thieren soll nach FILEHNE und PENZOLDT bei Vagusreizung umgekehrt die Herzspitze bei der Systole (Herzstoss) jedesmal nach oben und rechts bei der Diastole nach unten und links rücken. Auch beim Menschen vermissten sie (in einem Fall) jene systolische Bewegung der Herzspitze nach abwärts. F. LOESCH will gegen an dem primären Abwärtsrücken der Herzspitze bei Systole auch für Thiere festhalten.

**Zur Untersuchungsmethode.** — Zur Aufzeichnung des Herzstosses in graphischer Darstellung dienen indirect die Registrirungen des Arterienpulses, deren Methoden beschrieben werden. MAREY's Kardiograph setzt die Bewegung der durch den Herzstoss erschütterten Brustwandstelle durch eine angelegte Feder, deren Exkursionen durch Luftübertragen werden, in Bewegung eines Schreibhebels um, der auf eine mit gleichmässiger Geschwindigkeit vorüberbewegte Papierfläche (cf. unten Kymographion) Curven beschreiben lässt.

## Die Herzklappen und ihr Schluss.

Das Spiel der Klappen kann bei isolirten, künstlich bewegten Herzen, deren Vorhöfe abgeschnitten und in deren Arterien man Glasröhren eingebunden hat, unter Wasser achtet werden. Der Uebergang des Blutes aus der Vorkammer in die Kammer wird durch venösen oder Atrioventrikular-Klappen — *Valvulae venosae* — geregelt. Nach der Zahl ihrer häutigen Zipfel wird die Klappe des linken Herzens als *Valvula bicuspidalis* oder *mitralis* benannt, die Klappe des rechten Herzens als *Valvula tricuspidalis*. Diese Klappen bestehen aus drei- und zweitheiligen Lappen, die mit breiter Basis sackförmig an der Wand der Kammervorhofsgrenze mit ihren freien Rändern durch die *cordae tendineae* an den Papillarmuskeln befestigt sind.

Wir verstehen den Bau dieser Klappen am leichtesten, wenn wir uns an ihrer Anheftung an den fibrösen Ringen der Vorhofsgrenze einen zartwandigen Schlauch, etwa ein Darmstück analog wie bei dem unten zu besprechenden Wiggers'schen Kreislaufschema angesetzt denken, welcher in die Kammerhöhlung frei hereinhängt und an seinem freien Ende durch seine Fäden an die Kammerwand befestigt ist. Füllen wir die Kammer nun durch diesen Schlauch mit Wasser und suchen es bei verschlossener Arterie durch Zusammenpressen des Wassers aus der Eingussöffnung wieder zurückzupressen, so gelingt uns das nicht, die freien Ränder des Schlauches werden zusammengepresst, die Fäden hindern ein Umstülpen, und je mehr wir drücken, desto fester wird dieser einfache Ventilverschluss. Es leuchtet ein, dass ein Schluss auch dann noch erzielt werden kann, wenn der Ventilschlauch, wie am Herzen, gegen sein freies, mit Fäden angeheftetes Ende in zwei oder drei Zipfel gespalten ist: ein gesteigerter Druck wird ihre Ränder ebenso fest zusammenpressen, als wenn ein einfacher kreisförmiger Schlauch vorhanden wäre. Dem Verschluss legen sich die Klappen nicht flächenhaft vor die zu schliessende Oeffnung; die geschlossenen Zipfel begrenzen einen in die Vorkammer offenen kegelförmigen Raum, so dass sich die Höhlung der Vorkammer in den geschlossenen Klappen mit einer kegelförmigen Spitze in das Kammerlumen herein fortsetzt.

Die Art der Wirkung der taschenförmig an der Mündung der Arterien stehenden halbmondförmigen oder Semilunar-Klappen ist leicht verständlich. Der Blutstrom aus der Kammer sucht sie gegen die Arterienwand anzupressen und macht dadurch den Weg in die Arterie frei. Bei einem Ueberdruck in der Arterie das Blut in die Kammer zurückzuströmen, so buchtet es die sich entgegenstehenden Taschenklappen aus und drückt ihre freien Ränder gegen einander, die sich dann in der bekannten dreiseitigen, sternförmigen Figur an einander legen (Fig. 405).

Die Coronararterien, welche dem Herzmuskel das Blut zuführen, entspringen in dem Aortenknäuel meist so tief, dass ihre Mündungen von den Klappen, wenn sie an die Wand angepresst sind, gedeckt werden. Dadurch wird der Bluteintritt während der Kammercontraction mehr oder weniger verhindert, er findet während der Diastole statt. Durch das Einströmen von Blut in die erschlaffende Wand turgescirt das Herz wieder, es erfährt dadurch eine aktive Erweiterung, welche die Bluteinströmung in den Ventrikel während der Diastole ermöglicht: Selbststeuerung des Herzens nach Baucke. Rüdinger und Ceratini zeigen, dass die Semilunarklappen sich niemals ganz an die Arterienwandung anschmiegen, es kommt also wohl nie zu einem vollkommenen Verschluss der Coronararterien, wie es die Theorie Baucke's voraussetzt.

Die Vorhöfe entleeren bei der Systole wohl niemals all ihr Blut. Man hat behauptet, dass ein kleiner Theil durch die Contraction auch rückwärts in das Venensystem getrieben wird, was bei krankhaften Verhältnissen den Venenpuls verursacht; doch zeigt die Venen-  
*lutea, Thrombolysis. 4. Aufl.*

Fig. 405.



Die Semilunarklappen geschlossen. a b c Berührungslinien der Klappenränder. d Die an einander stossenden Knötchen der Klappen.

cava sup. keine Druckerhöhung gleichzeitig mit der Vorkammersystole im normalen Zustand. Die Vorhöfe besorgen die prompte Füllung des Ventrikels mit Blut unabhängig von der gerade herrschenden Spannung im Venensystem und den Verschluss der Atrioventrikularklappe (LUDWIG). Die Vorhöfe wirken auch regulirend auf die Blutbewegung in den Venen, indem aus ihnen während der Kammerdiastole das Blut genommen wird, so dass, da sie während der Kammerdiastole ihr Lumen verkleinern, die Druckabnahme im Venensystem eine geringere und dadurch der Druck im Venensystem ein annähernd konstanter wird.

### Herztöne.

Der Klappenschluss geschieht so rasch und mit solcher Energie, dass dadurch Töne entstehen, die man zu hören bekommt, wenn man das Ohr in der Herzgegend auf die Brust auflegt, oder ebenso, wenn man das Ohr mit dem freiliegenden, schlagenden Herzen eines Thieres bei geöffneter Brustwand durch das Stethoskop in Berührung setzt. Der erste Herzton, der am deutlichsten an der Stelle des Herzstosses zwischen der 5. und 6. Rippe gehört wird, ist mehr dumpf andauernd; der zweite, am schärfsten im dritten Rippenzwischenraum, beiderseits vom Brustbeine, hörbar, ist kurz, klappend, hell; er entspricht der Diastole und ist mit dieser von gleicher Dauer. Der erste Ton entspricht der Systole der Kammern und hält so lange an als diese. Nach einer viel verbreiteten Meinung entsteht er durch das Erzittern der während ihres Verschlusses stark gespannten Klappenmembranen. Man hat ihn auch als Muskelgeräusch, das bei der Contraction des Herzmuskels entstehe, erklärt (LUDWIG und DOGIEL). Dass wirklich das Muskelgeräusch mitbetheiligt sei, ergibt sich wohl daraus, dass man auch noch am ausgeschnittenen blutleeren, schlagenden Herzen den systolischen Ton hört. Höchst wahrscheinlich theiligen sich beide Ursachen an der Tonerzeugung, denn führt man den Finger in das sich contrahirende Herz ein, so fühlt man während der Systole deutlich ein Erzittern der Klappen, wie es die erste gegebene Erklärung voraussetzt. Der zweite, der Diastole entsprechende Ton entsteht zweifellos vorwiegend durch den plötzlichen, klappenden Verschluss der Semilunarklappen der Arterien.

A. HEYNSIUS glaubt die Ursache der Tonerzeugung an den Klappen in der durch die Klappeneinrichtung gesetzten Verengung des Strombettes sowohl in Aorta als Pulmonalis gegeben. Er findet die Weite des Ostium aorticum zu der der Aorta mitten auf dem Sinus Valvulae wie 4 : 4,8. Seine Ansicht begründet er durch die Beobachtung, dass an einer verengten Stelle eines dünnwandigen Rohres bei genügender Stromgeschwindigkeit statt eines Geräusches ein Ton entstehen kann.

Die obigen Mittheilungen über Anlagerung des Herzens an der Brustwand, Herzstoss und Herztöne sind für die Pathologie und zwar vor Allem für die Diagnose der Herzkrankheiten von der allereinschneidendsten Bedeutung. Die Herztöne ändern sich, wenn eine der Klappen irgend eine Form- oder Elasticitätsänderung erfährt. Die Klänge verlieren ihre musikalische Bestimmbarkeit und werden zu blasenden, schnarrenden, kratzenden etc. Geräuschen. Die Veränderung des ersten Tones ist an eine Erkrankung der venösen, des zweiten an eine der arteriellen Klappen geknüpft. Es ist möglich, durch rechts- oder linksseitiges Auscultiren an der Brustwand die erkrankte Klappe noch näher zu bestimmen. Die Darstellung dieser Verhältnisse gehört in die allgemeine Pathologie. Schon eine einfache Betrachtung des staunenswerthen Mechanismus der Herzpumpe lässt uns aber erkennen, wie bedeuten-

fehler in den Ventilverschlüssen die Blutcirculation und damit alle Organfunctionen beeinträchtigen müssen.

**Mechanische und chemische Einflüsse auf die Herzbewegung. Aerztliche Bemerkungen.** — Die Herzbewegungen stehen nicht direct unter dem Einflusse des Willens, doch können wir sie modificiren durch willkürliche Veränderungen der Druckverhältnisse in den Lungen und damit im ganzen Brustraume. Ist der auf dem Herzen lastende Druck positiv oder negativ, so geht die Ausdehnung des Herzens nach der Systole mit Leichtigkeit vor sich, die Raschheit und Stärke der Contraction nimmt aber gleichzeitig mit der Abnahme des Druckes ab. Bei kräftiger Inspiration wird durch die gesteigerte Ausdehnung der Lungen ihr Bestreben, sich zusammenzuziehen, und damit der negative Druck auf das Herz vergrößert.

Der gewöhnliche negative Druck in der Brusthöhle kann umgekehrt künstlich in einen positiven verwandelt werden, indem durch sehr starke Expirationen mit aktiver Verkleinerung des Brustraumes die Lungen zusammengepresst werden. Die Blutbewegung in den Venen erfolgt vorzugsweise durch das Ansaugen des Brustraumes; herrscht in diesem aber statt des negativen ein positiver Druck, so wird das Blut nicht mehr angesaugt und staut sich dann in den Venen an. Wir sehen diese Störung des Blutlaufes sehr deutlich bei starken Hustenanfällen. Diese sind mit krampfhaften, heftigen Expirationen verbunden, durch welche der Hustende durch Blutstauung in den Venen blau im Gesichte wird, die Hals- und Armvenen anschwellen. Dieser künstliche positive Druck in der Brusthöhle kann dadurch noch sehr gesteigert werden, dass man zuerst viel Luft in die Lungen saugt und dann, während die Stimmritze verschlossen wird, so dass keine Luft aus der Lunge entweichen kann, durch starke Ausathmungsbewegungen mit den Expirationsmuskeln den Brustraum zu verkleinern strebt. Das Herz kann dadurch so zusammengepresst werden, dass es sich nicht mehr auszudehnen vermag. Es steht endlich still, Herztöne und Puls verschwinden. Bei Nachlassen des Druckes kommen die Herzbewegungen langsam wieder zurück.

Der Widerstand, welcher dem Herzen gegen die Austreibung seines Blutes entgegensteht, modificirt die Zahl und die Stärke der Contractionen des Herzens. Steigerung des arteriellen Druckes vermehrt die Zahl der Herzschläge. Im Allgemeinen sehen wir die Zahl und die Stärke der Herzschläge abhängen von dem Verhältniss der Herzkraft zu dem zu überwindenden Widerstande der Blutmasse (VIERORDT). Wenn, wie z. B. bei Verblutungen, die Herzkraft schneller sinkt, als der Widerstand im arteriellen System, so können wir, trotz der Minderung des Blutdrucks, eine Pulsbeschleunigung wahrnehmen.

Ausser den mechanischen Beeinflussungen der Herzcontractionen sehen wir diese auch noch unter dem Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Herzmuskels stehen. Eine Reihe von Einflüssen, welche letztere stört, verändert oder vernichtet die Contractionsfähigkeit des Herzens. Es verhält sich hierin das Herz ganz analog den übrigen quergestreiften Muskeln. Dieselben Stoffe, die wir dort als Ermüdungsursache kennen lernten: Milchsäure und saure Salze, wie sie sich im Saft ermüdeter Muskeln finden, bewirken auch Ermüdung des Herzmuskels. Entziehung des Sauerstoffs, Ueberladung mit Kohlensäure, Erkältung heben wie einige narkotische Gifte die Bewegung des Herzens auf. Kalisalze, direct ins Blut gebracht, führen durch Herzlähmung momentan den Tod herbei. Für den Arzt ist die Einwirkung der Gallensäure auf die Herzthätigkeit wichtig. Schon ziemlich geringe Mengen davon im Blute verlangsamen und schwächen den Herzmuskel merklich. Daraus erklärt sich die Pulsverlangsamung, die bei frischer Gelbsucht, die in Aufnahme von Galle in das Blut besteht, beobachtet wird (RÖHRIG). Auch hierin verhält sich das Herz ganz wie jeder andere quergestreifte Muskel, die alle durch Gallensäuren ermüden. Sauerstoffzufuhr und Erwärmung wirken umgekehrt. Die Aufnahme von frischem, normalem Lebersekrete eines Thieres in sein Blut bringt jedoch keine Einwirkung auf die Herzbewegung hervor (J. RANKE).

Im Allgemeinen sehen wir das Leben des Herzens an die gleichen Bedingungen der



Ernährung und des Stoffwechsels gebunden, wie das aller anderen Organe. Wie die übrigen quergestreiften Muskeln z. B. behalten auch die Fasern des Herzens, ausgeschnitten oder kurz nach dem Tode des Gesamtorganismus, noch für einige Zeit ihre Erregbarkeit. Die Herznerven (Ganglien) setzen noch ihre Thätigkeit fort. Darum pulsiren dem Blutkreislauf entzogene ausgeschnittene Herzen noch einige Zeit. Besonders lange thun das die Herzen kaltblütiger Thiere. Endlich ermüden sie, ihre Contraktionen werden langsamer, schwächer. Die Zusammenziehungen der Kammern hören zuerst, endlich auch die der Vorhöfe auf. Durch directe Reizung: Berühren, Stechen, Electricität, Wärme etc. lassen sich die Contraktionen anfänglich wieder hervorrufen. Die Reize wirken leichter von der Innenfläche des Herzens aus. Namentlich durch Einspritzen warmen, geschlagenen Blutes in die Jugularis und von da in die Herzgefäße kehrt die erlahmende oder schon sistirende Herzthätigkeit wieder zurück.

Hier sind die Beobachtungen der Bewegung der Froschherzen in Gasen anzuführen, die mit den entsprechenden Versuchen über das Verhalten der Muskeln und Nerven in Gasen übereinstimmen. Am längsten ist das ausgeschnittene Froschherz in reinem Sauerstoff thätig, weniger lange in Stickstoff, Wasserstoff und in dem Vacuum der Luftpumpe (A. v. HUMBOLDT u. A.); Kohlensäure und Schwefelwasserstoff etc. sistiren die Herzbewegung sehr schnell. Selbstverständlich muss bei solchen Versuchen das Herz vor Verdunstung geschützt sein.

Die eigentlichen Ursachen der automatischen, rhythmischen Thätigkeit des Herzens kennen wir nicht, wir wissen nur, dass der Ablauf der Herzthätigkeit bei Warmblütern an die Anwesenheit sauerstoffhaltigen Blutes in dem Kapillarsystem der Herzsubstanz geknüpft ist. Offenbar handelt es sich hier um die Erhaltung der normalen physiologisch-chemischen Constitution der Ganglien, Nerven und Muskelfasern, die bei Warmblütern nur unter der beständigen arteriellen Bluterneuerung bestehen kann. Bei Kaltblütern (Fröschen) sehen wir dagegen die Herzbewegung vom Blute stundenlang unabhängig vor sich gehen, wenn man alles Blut im Herzen durch 0,7% Kochsalzlösung ersetzt hat.

Wir sehen bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers und über 40° C. die Pulsationen der Froschherzen aufhören (SCHLESKE, E. CYON u. A.). Von jenen niedersten Graden bis fast an die angegebene obere Temperaturgrenze steigt die Contractionszahl des Froschherzens mit wachsender Temperatur. Eine Temperatur über 20 bis 30° C. vermindert die Stärke der Herzcontraktionen, welche bei niederen und mittleren annähernd gleichbleibend ist. Ueber Temperaturreizung siehe noch im folgenden Paragraphen.

### Die nervösen Bewegungskentren im Herzen.

Da das ausgeschnittene Herz, getrennt von allen Verbindungen mit den Centralorganen des Nervensystems, seine Thätigkeit noch fortsetzt, so muss es nervöse Centren seiner Bewegung in sich selbst tragen.

BIDDER u. A. fanden in der Muskelsubstanz des Herzens, namentlich in der Vorkammerscheidewand und an der Grenze der Kammern und Ventrikel mikroskopische Ganglien, welche durch Nervengeflechte mit einander verbunden sind, und die man als Bewegungskentren des Herzens anspricht. Auch im Hohlvenensinus und an der Hinterwand der Kammer liegen Ganglien.

Der Beweis für die Thätigkeit der Ganglien bei der Herzpulsation wird vor Allem durch die vielfältig angestellten »Schnittversuche« am Froschherzen geführt. Nicht jeder Abschnitt des Herzens ist der rhythmischen Zusammenziehung fähig, sondern nur diejenigen, welche gangliöse Nervencentren enthalten. Diese pulsiren abgeschnitten fort, während die ganglienfreien Herzabschnitte, z. B. die Herzspitze, abgeschnitten in diastolischen Stillstand verfallen (VOLKMANN,



..., sie machen auf directe momentane Reizung nur eine einmalige unimische Contraction.

Die Versuche von STANNIUS, v. BEZOLD, GOLTZ u. A. bestätigen die älteren im Wesentlichen, und scheinen noch die weitere Thatsache zu ergeben, die Ganglien der einzelnen Herzabschnitte eine verschiedene Function. Die Ganglien in der Vorhofsscheidewand scheinen eine hemmende (unter Vagus), die anderen Ganglien eine beschleunigende Wirkung auf das auszuüben (cf. unter Sympathicus).

Die Hauptversuchsergebnisse, auf welche sich diese Annahme stützt, sind folgende:

Wird die Spitze von der Kammer des Froschherzens abgeschnitten oder abgebunden, so ist die Spitze still, die Kammerbasis pulsirt fort. Wird der Schnitt oder die Unterbindung zwischen der Kammer und Vorkammer geführt, so schlagen die Vorkammern ungestört weiter, während die Kammer entweder erschlafft, (diastolisch) stehen bleibt, oder wenigstens langsamer schlägt, als die Vorkammer. Directe Reize lösen meist eine Anzahl rhythmischer Bewegungen aus. Bei der Unterbindung der Einmündungsstelle des Hohlvenensinus in die Vorkammer tritt für längere Zeit Stillstand des gesamten Herzens in Diastole ein, der Sinus pulsiren dagegen fort; unterbindet man nun die Atrioventrikulargrenze, so beginnt der Ventrikel wieder zu pulsiren (STANNIUS). Abschneiden an den betreffenden Stellen analog der Abbindung (v. BEZOLD). GOLTZ zeigte, dass diese Analogie um so deutlicher wird, wenn die Schnittführung mit Abhaltung des Luftreizes von der Wunde unter Oel geschieht.

Der letzterwähnte Wiedereintritt der Ventrikelcontractionen scheint die oben angeführte Annahme zu begründen, dass in den Vorhöfen bewegungshemmende, in den Venen und den Ventrikeln dagegen die eigentlich rhythmischen Centren liegen. Vereint sollen die hemmenden Wirkungen überwiegen, nach dem Abschneiden soll der mit den Venen verbundenen Centren von den Sinus abgetrennte Rest der rhythmisch thätigen Ganglien nicht in Stande sein, die Hemmung zu beseitigen. Im Allgemeinen ist deutlich, dass die einzelnen Herzabschnitte um so selbständiger in ihren rhythmischen Bewegungen sind, je weiter sie sich der Einmündungsstelle der Venen nähern. Mit Recht hat man darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Mehrzahl der Erscheinungen nach Schnittversuchen erklärt, wenn man den eintretenden Herzstillstand von einer Verletzung und Reizung der zu den Vorhöfen gehörenden hemmenden Vagusfasern ableitet (cf. folgenden Paragraph). Damit stimmt überein, dass der Herzstillstand nach Unterbindung oder Abschneidung der Sinus nur ein vorübergehender ist.

**Einwirkung der Wärme auf die Herzbewegung.** — Von den Temperaturgrenzen, innerhalb der die Herzpulsation überhaupt noch erfolgt, liegt die untere bei 0—1,80 oder 40 C., die obere bei 30—480 C. (S. 452). Die Zunahme der Pulsationen mit steigender Temperatur fand auch BRUNTON für das Säugethierherz, was für die Fieberlehre von Wichtigkeit ist. Der Vaguseinfluss auf das Herz (cf. unten) sinkt mit steigender Temperatur ab (BRUNTON), gegen die obere Temperaturgrenze der Herzbewegung fand LAUDER BRUNTON die Wirkung wieder zunehmen. Plötzliche Einwirkung höherer Temperaturen bewirkt in ausgeschnittenen Herzen noch die Erscheinung der Vagusreizung (E. CROON). Wurde das Herz vorher sehr stark abgekühlt, so beschleunigt im Gegentheil die plötzliche Temperatursteigerung die Herzbewegung sehr bedeutend, schliesslich bis zum Stillstand in Systole (E. CROON). Dieser Beobachtung ganz entsprechend ist die weitere (CROON), dass im Zustand des Stillstandes durch Wärmewirkung die Reizung am Sinus nicht mehr Stillstand (durch Unterbindung) in Diastole, sondern in Systole hervorruft (nach Vaguslähmung). Nach LAUDER BRUNTON und LUCHSINGER können die durch Wärme gelähmten Herzganglien durch Abkühlung wieder erregbar werden, die hemmenden Elemente des Herzens (Vagus) sind der Vagusreizung gegenüber resistenter als die bewegenden. Je stärker der intracardiale Druck, desto stärker wirkt die Vagusreizung, da durch die Druckerhöhung die das Herz bewegenden Elemente gereizt werden, wie die oben erwähnte Zunahme der Herzpulse beweist.

### Die Herznerven.

Ausser durch die im Herzen selbst gelegenen nervösen Bewegungscentren (Ganglien) wird die Herzbewegung auch durch das Geflecht der Herznerven einflusst, so lange noch die normalen Nervenbahnen zum Herzen bestehen. Herznervengeflecht stammt einerseits vom Nervus vagus, andererseits dem Hals- und obersten Brusttheil des Grenzstranges des Sympathicus. In dem zum Herz tretenden Vaguszweigen mischen sich auch ursprünglich dem Nervus accessorius angehörige Fasern bei. Diese Nerven und ihre im verlängerten Mark und Rückenmark gelegenen Centren rufen, wie wir sahen, die Herzbewegung nicht selbst hervor, ihr Einfluss erstreckt sich auf Abänderungen der Rhythmik und der Stärke der Herzcontractionen.

Die Herzcontraction steht unter zwei entgegengesetzt wirkenden nervösen Einflüssen. Der eine, vom Vagus ausgehend, verlangsamt und hemmt bei stärkerer Einwirkung die Herzaktion in Diastole; der Vagus ist der Hemmungsnerv der Herzbewegung (cf. unter Hemmungsnerven); der andere beschleunigt die Herzbewegung und führt zu extremer Wirkung, besonders nach Ausschluss des Vagus-Einflusses, zum Stillstand des Herzens in Systole: beschleunigende Herznerven (z. B. Sympathicus). Beide Nervenarten, die den Herzschlag verlangsamen und hemmen (die Vagusfasern), sowie die excitirenden Nerven sind als regulatorische Nerven zu bezeichnen.

Auf mehrfachen Nervenbahnen werden normal dem Vaguscentrum in der Medulla oblongata) reflectorisch Reize zugeleitet, welche den Vagus bei Säugethieren und Menschen beständig so weit erregen, dass er einen verlangsamen Einfluss auf die Herzaktion ausübt. Nach der Durchschneidung des Vagus am Halse bei Säugethieren nimmt die Zahl der Schläge des Herzens, das von dem Centrum der reflectorischen Hemmung (Vaguscentrum) abgeschnitten ist, sogleich sehr bedeutend zu. ED. WEBER machte die Entdeckung, dass künstliche Reizung des peripherischen Vagusstumpfes die Herzbewegung wieder verlangsamt und starke Reizung zum Stillstand des Herzens in Diastole führt, was sich dasselbe mit Blut füllt. Nach einiger Zeit beginnt auch bei Fortdauer des Reizes, nach Vagusermüdung das Herz wieder zu schlagen. Auch während Vagusstillstandes ist das Herz reizbar, örtliche directe Reizung des Herzens wirkt eine meist einmalige rhythmisch verlaufende Herzaktion.

WALLER und SCHIFF behaupten, dass die herzhemmenden Fasern dem Vagusstamm aus dem N. accessorius beigemischt seien. Einige Tage nach dem Ausreißen derselben (im Foramen jugulare) zeige der Vagusstamm, dessen hemmende Fasern auf diese Weise gelähmt würden, keine hemmende Wirkung mehr auf das Herz, während der intakt gebliebene Vagusstamm der anderen Halsseite eine solche noch ungeschwächt erkennen lässt. Nach HEIDENHAIN würde das Ausreißen der Accessoriusfasern, wie es die Annahme, dass sie die Hemmung besorgen, erfordern würde, meist von einer Beschleunigung der Herzhätigkeit gefolgt sein, wie das Durchschneiden des Vagusstammes selbst. SCHIFF bestreitet dagegen diese Beschleunigung.

EDUARD WEBER, der Entdecker der Hemmung der Herzbewegung durch

agusreizung, glaubte, im Gegensatz zu den regulatorischen Wirkungen des Vagus, die sympathischen Fasern, welche zu dem Herzen treten, als die eigentlich motorischen Herznerven auffassen zu müssen. Von dem Sympathicus sollten die Bewegungsimpulse ausgehen, welche von dem Vagus in ihrer Stärke und zeitlichen Aufeinanderfolge beeinflusst werden. Nach der Durchschneidung des Vagus fällt dieser regulierende Einfluss weg, und das Herz steht nun noch allein unter den eigentlich motorischen Nerveneinflüssen.

Durch A. von BEZOLD's Untersuchungen ist es festgestellt, dass im Halssteile des Sympathicus wirklich Fasern verlaufen, welche durch ihre Reizung die Herzbewegung beschleunigen. Reizt man den Sympathicus am Halse, so tritt eine Beschleunigung der Herzaktion ein, welche nur dann sich nicht geltend machen kann, wenn die Herzbewegung schon vorher durch inneren Reizursachen (nahezu) das Maximum ihrer möglichen Beschleunigung erreicht hat, wie das bei Kaninchen manchmal beobachtet wird. Ein Centrum excitirender Fasern für die Herzbewegung liegt nach A. von BEZOLD in der Medulla oblongata. Ihre Reizung bewirkt eine Beschleunigung der Herzschläge, wenn die nervöse Verbindung mit dem Herzen durch das Rückenmark, die zum Grenzstrang des Sympathicus gelangenden Rami communicantes, das Ganglion stellatum (erstes Brustganglion) und den Grenzstrang ungestört ist. Auch S. STRICKER und J. WAGNER leiten die beschleunigenden Nerven des Brustgrenzstranges aus dem Rückenmark ab. BEZOLD selbst und J. und E. CROX haben die Existenz dieses Excitations-Centrums für die Herzbewegung wieder bewiesen, als es durch LUDWIG's und THIRY's Beobachtungen bestritten wurde. Letztere zeigten, dass nach Durchschneidung aller Herznerven durch Reizung der Medulla oblongata eine Verengerung des arteriellen Stromgebietes bewirkt und in Folge davon durch Steigerung der Widerstände (cf. oben 454) die Herzbewegung beschleunigt wird. Man ist jedoch im Stande, diese Wirkung vom verlängerten Marke auf die Blutbahn dadurch aufzuheben, dass man die hier vor Allem in Frage kommenden Gefässnerven, die Nn. Splanchnici, durchschneidet. Auch dann tritt noch ohne Drucksteigerung eine Beschleunigung der Herzbewegung ein. Auch ist bei erhaltenen Splanchnicis der beschleunigende Einfluss der Reizung der Medulla oblongata ein stärkerer, wenn die Herznerven intakt, als wenn sie durchschnitten sind. Die wichtigsten Gefässnerven gehen erst unterhalb des zweiten Brustwirbels von dem Rückenmark ab. BEZOLD durchschnitt das Rückenmark über ihrem Abgang, und nun bewirkte die Reizung des oberen Rückenmarks-Endes zwar noch Beschleunigung der Herzaktion, aber keine Drucksteigerung mehr im arteriellen System.

Die excitirenden Nerven treten nach BEZOLD's Versuchen oberhalb des zweiten Brustwirbels vom Rückenmark zu dem Plexus cardiacus ab. Beim Kaninchen sollen sie nach dem durch das unterste Halsganglion und die zwei obersten Brustganglien des sympathischen Grenzstranges zum Herzgeflecht gelangen. S. STRICKER und J. WAGNER finden accelerirende Fasern schon im Halsmark. Sie durchschnitten bei ihren Versuchen über Sympathicusreizung den Grenzstrang an der 7. Rippe und präparirten ihn bis zur Ansa Vieussenii von allen Verbindungen mit dem Rückenmark los; die Reizungen der oberen Stellen waren wirksamer, als die der weiter unten gelegenen.

Die Reizung des Vaguscentrums geschieht normal direct oder reflectorisch. Der Sauerstoffmangel und die dadurch gestörte Ernährung bewirkt im Vagus-,

resp. Accessoriuscentrum einen Reizzustand, der die Herzbewegung verlangsamt, ja sie ~~so~~ für einige Zeit ganz aufheben kann (in Diastole). Diese Beobachtung kann man bei ~~Un~~brechung des normalen Athmungsvorganges machen; dass hierbei nicht etwa sich ~~ansam~~melnde Kohlensäure als Reiz wirkt, scheint daraus hervorzugehen, dass das Herz bei ~~Athm~~ von Wasserstoff dieselbe Erscheinung zeigt. Zur Realisirung des Einflusses vom Vaguscentrum aus muss natürlich die Verbindung desselben mit dem Herzen, der Vagusstamm, intakt sein. Dasselbe Postulat gilt für die Demonstration der reflectorischen Erregung des Vaguscentrum in der Medulla oblongata. GOLTZ beobachtete zuerst einen reflectorischen Herzstillstand bei mechanischer Reizung der Baueingeweide beim Frosch (Klopfversuch). Die Nervi splanchnici enthalten die Fasern, deren Erregung hierbei wirksam wird. LUDWIG und LOVÉN lehrten durch Reizung der verschiedensten sensiblen Nerven bei Warmblütern, v. BEZOLD, DONDEES u. A. durch Reizung des Vagus der einen Seite, BERNSTEIN durch Reizung des Bauch- und Halsstrangs des Sympathicus das Vaguscentrum reflectorisch erregen. Aus den BERNSTEIN'schen Beobachtungen geht hervor, dass der sympathische Grenzstrang durch die Rami communicantes Fasern an das Rückenmark abgibt, welche in diesem aufsteigend zum Vaguscentrum gelangen.

Verminderung des Erregungszustandes des Vaguscentrums und damit Beschleunigung der Herzaktion sah HERING reflectorisch durch Aufblasen der Lunge eintreten so lange die Vagi nicht durchschnitten waren. Durch das Aufblasen glaubt HERING zunächst sensible Lungenfasern zu reizen.

Der Einfluss der Gemüthsbewegungen auf die Herzaktion besteht einerseits in einem momentanen Herzstillstand, der wohl vom Vagus aus (reflectorisch?) vermittelt wird; andererseits tritt bei Erschrecken, Angst eine Beschleunigung der Herzaktion ein, welche vielleicht durch plötzliche Verengung der Arterien und dadurch gesteigerten Widerstand in ihnen hervorgerufen wird. Das primäre Erblässen der Haut bei Schreck zeigt, dass wirklich durch diese Ursache Arterienverengungen eintreten können. Doch lässt die Erscheinung nach dem oben Gesagten verschiedene Deutungen zu.

Die Beschleunigung der Herzbewegung nach Vagusdurchschneidung, welche wirkungslos bleibt, sobald man alle das Vaguscentrum reflectorisch erregenden Nerven vorher durchschnitten hat (BERNSTEIN), zeigt, dass das Vaguscentrum beständig und zwar zunächst reflectorisch erregt wird. Jedoch braucht man sich diesen reflectorischen Erregungszustand nicht ununterbrochen (tonisch) vorzustellen. BEZOLD hat gezeigt, dass eine in mässig schnellem Rhythmus erfolgende Vaguserregung zur Einleitung der hemmenden Wirkungen genügt.

DONDEES und PRAHL bestimmten die Zeit, welche verläuft, bevor nach der Vagusreizung die verlangsamende Wirkung beginnt: Latenzstadium. Es gelang DONDEES, als Gegenstück zu der Zuckungcurve des Muskels eine Curve des Verzögerungsprocess durch Vagusreizung zu construiren. Die Uebereinstimmung in dem Gesetze der nervösen Hemmung und der nervösen Erregung constatirte er noch dadurch, dass er das Gesetz der Verzögerung bei Vaguserregung übereinstimmend fand mit dem Gesetz der Zuckungen, welches PFLÜGER auf das Gesetz des Electrotonus (cf. diesen und Zuckungsgesetz) zurückführte. CZERMAK konnte an sich selbst den Vagus mechanisch durch Druck reizen, elektrisch gelingt seine Reizung am Menschen leicht.

Der Vagus ist der trophische Nerv des Herzens; nach doppelseitiger Durchschneidung tritt Herzverfettung ein, welche H. EICHHORST auf den mangelnden trophischen Einfluss des Vagus bezieht.

**Zur Anatomie der Herzganglien und -Nerven.** — Die vom Plexus cardiacus abgehenden Nervenfasern treten bei Säugethieren unter das Perikardium und in das Septum ventriculi, wo sie in der Mitte der Muskelmasse verlaufen, unabhängig von der Gefässverbreitung. Doppelt conturirte Fasern sind meist nur spärlich vorhanden. Die Nerven sind in Verbindung mit Ganglienzellen, die aber nirgends makroskopische Ganglien bilden. Die meisten Ganglienzellen zeigen den Bau der sympathischen Zellen, sie sind unipolar, aus demselben Punkt entspringt ausser der geraden Faser auch die ARNOLD-BEAL'sche Spiralfaser (cf. Sympathicus). Andere Zellen sind bipolar, und eine dritte Gattung sind die auch anderweit





zu den Vorkammern und Herzohren. Gleichzeitig wird die Herzkrümmung immer stärker S-förmig, der arterielle Theil wendet sich ganz nach rechts, vorn und oben, die venöse nach links, hinten und unten. Der Schlauch des zusammengekrümmten Herzens ist noch einfach, durch leichte Einschnürungen sind Vorkammer, Bulbus Aortae und einfache Herzkammer von einander geschieden (Fig. 106).

Fig. 106.



Herz eines Kaninchen-embryo, vergrößert, nach BISCHOFF, von hinten. *a* Venae omphalo-mesentericae, *d* rechte Kammer, *e* Bulbus Aortae, *f* sechs Aortenbogen, *c* Vorhof, *b* Auriculae.

Fig. 107.



Herz des Embryo von hinten gesehen. *a* gemeinsamer Venensinus. *b* linke, *c* rechte Auricula, *g* rechte, *f* linke Kammer, *e* Ohranal, *h* Truncus arteriosus. Nach BISCHOFF.

Sehr bald treten (KÖLLIKER) an der ventralen Krümmung zwei leichte, seitliche Ausbuchtungen auf, die Anlage der im Embryonalalter sehr stark entwickelten Herzohren, welche durch eine leicht verengerte Stelle (Ohr canal) von dem Vorhof sich trennen. Nun nähert sich das Herz seiner bleibenden Form mehr und mehr an (Fig. 107), doch ist es im Innern noch ohne eine Andeutung von Scheidewänden. Aus dem arteriellen (rechten) Abschnitt entsteht es einen einfachen Aortenstamm, sein (linkes) venöses Ende tritt ein gemeinsamer Venenstamm, der die beiden Venae omphalo-mesentericae aufnimmt. Das Embryo trägt den Typus des Fischherzens. Bei der Bildung der Herzscheidewände trennt sich der primitive Ventrikel durch eine hervorstwachsende Querwand in zwei Abtheilungen.

Der Venentheil des primitiven Herzens und die ursprünglich einfache Aorta trennen sich gegenwärtig durch eine longitudinale mittlere Scheidewand in zwei Hälften. Vor Ausbildung der Scheidewände werden einerseits durch besondere Wachstumsphänomene an der hinteren Seite des Herzens die rechte Kammer nach und nach in den Bereich des Vorhofs gezogen, andererseits erfolgt dasselbe auch bei der linken Kammer, indem sie in Verbindung tritt mit dem Truncus arteriosus, der anfänglich einzig und allein aus der rechten Kammer entspringt, wie der venöse Vorhof zunächst nur mit der linken Kammer in Verbindung steht. Mündet einmal in Folge der angedeuteten Verwachsungen die Vorkammer, so stehen beide Kammern und stehen diese auch beide mit dem Truncus arteriosus in Verbindung, wird es verständlich, wie durch das oben angedeutete Hervorwachsen der Scheidewände in der Innere des Herzens sich dieses in die bekannten vier Höhlen und der Truncus arteriosus in Aorta und Pulmonalis zerfallen kann. In der siebenten Woche ist die Kammerscheidewand vollendet, so dass die Kammern mit zwei getrennten Oeffnungen in den Vorhof münden. Die Oeffnungen sind anfänglich spaltartig (ECKER), begrenzt von zwei Lippen, den ersten Anlagen der erst im dritten Monat sich stärker ausbildenden venösen Klappen, deren Ränder schon mit Muskelbalken der Kammerwand in Verbindung stehen. In der vierten Woche ist der Truncus arteriosus bei dem Menschen noch einfach. Gleichzeitig mit der Theilung des Truncus arteriosus, die primär durch eine longitudinale Wucherung der mittleren Arterienhaut zustande kommt, bilden sich die Semilunarklappen anfänglich als horizontal hervortretende halbmondförmige Wülste der Media und Intima. Die Bildung des Septum atriorum beginnt erst nach Vollendung der Kammerscheidewand in der achten Woche. Von der Mitte der vorderen Wand der Vorkammer und vom oberen Rand der Kammerscheidewand erhebt sie sich zuerst als eine halbmondförmige Falte. An der hinteren Vorhofswand bilden sich ähnliche Falten (Valvula Eustachii und V. foraminis ovalis), rechts und links an der Mündung der unteren Hohlvene (KÖLLIKER). Doch ist bekanntlich die Scheidung der Vorhöfe während der ganzen Foetalperiode keine vollkommene, sie communiciren durch die weite Oeffnung des Foramen ovale, das sich erst nach der Geburt schliesst. Die Aeste des Truncus venosus sind die späteren Vv. cava inferior und superior. Der gemeinsame Truncus venosus wird bei dem Wachsthum der Vorkammern in diese hineingezogen, indem seine Wandung zur Bildung der



Wand der Vorkammer verwendet wird, so dass nun beide Cavae getrennt in die Vorhöfe münden.

Die Lage des Herzens ist unmittelbar nach seiner Entstehung im Bereiche des Kopfes. Im ersten Urtier (Vorläufer des ersten Halswirbels) in der Höhe der zweiten und dritten Rippe. Später rückt es in die Halsgegend und von da in die Brusthöhle herab, die es noch im ganzen zweiten Monat erfüllt. Von der achten Woche an erheben sich erst die Lungen, vorher hinter der Leber lagen, neben dem Herzen. Das Herz, das primär mit seiner Längsachse senkrecht stand, stellt sich nun mit seiner Spitze nach links.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Das Herz ist (GEGENBAUR) in seiner einfachsten Form muskulöser, aktiv beweglicher Theil des Gefässsystems. Das Herz der warmblütigen Thiere (Säugethiere und Vögel) verhält sich im Allgemeinen wie das des Menschen, im Allgemeinen zeigen sich mannigfache Verschiedenheiten. Am einfachsten ist der bleibende Zustand bei den Fischen. Es besteht hier aus einer Kammer und einer Vorkammer. Es entspricht dem embryonalen Herzen der Säugethiere und behält auch seine ursprüngliche Lage am Kopfende bei. Das Herz liegt frei in der Perikardialhöhle, manchmal ist es mit ihr durch Sehnenscheiden verbunden. Mit dem Auftreten der Lungen tritt nicht nur eine bedeutende Änderung in der Anordnung der grossen Gefässstämme, sondern auch eine weitere Differenzierung im Bau des Herzens auf. Bei den Dipnoi (Lepidosiren) beginnt schon eine Trennung der Herzkammern. Ein Maschenwerk von Muskelbalken bildet eine Art Vorkammerscheidewand. Bei den Amphibien ist die Scheidung der Vorkammer noch in ähnlicher Weise unvollständig wie bei den Dipnoi, bei den übrigen ist die Scheidung vollständig. Aus der Kammer entspringt ein muskulöser Arterienbulbus. Bei Lepidosiren beginnt derselbe sich durch zwei Abzweigungen in zwei getrennte Räume zu theilen, bei den Amphibien ist diese Trennung vollständig. Das Herz der Batrachierlarven entspricht dem der Fische. Bei den Reptilien rückt das Herz in grössere Entfernung vom Kopf. Nicht nur die beiden Vorhöfe, sondern auch die beiden Kammern scheiden sich in einen rechten und linken Abschnitt, die bei den Krokodilen vollständig von einander getrennt sind. Wie bei den Amphibien ergiessen sich in den rechten, grösseren Vorhof die Körpervenen, in den linken die Lungenvenen. Die Kammerwand der Kammer wird zunächst durch ein Maschenwerk von Muskelbalken dargestellt, doch sind, wie BRÜCKE zeigte, mannigfache mechanische Einrichtungen vorhanden, welche die Unvollständigkeit der Trennung wenigstens theilweise ausgleichen, dazu gehört auch, dass die Kammerhälften sich nicht isochron zusammenziehen (bei Schildkrötenherzen). Die linke Herzkammer empfängt arterielles, die rechte venöses Blut. Der Arterienbulbus bleibt äusserlich einfach, im Innern hat er sich aber in mehrere Canäle differenzirt, so dass beide Kammern mit besonderen Arterien des Bulbus in Verbindung stehen. Die Klappen entsprechen denen des Säugethierherzens.

Die Selbständigkeit der Muskelzellen scheint im Herzen der verschiedenen Thiergruppen überall gewahrt zu bleiben. Von den quergestreiften Muskelzellen des Menschen war oben die Rede. Bei Eidechsen, Amphibien und Fischen fand WEISMANN die Herzmuskulatur aus dicht an einander liegenden, langgestreckten, spindelförmigen, quergestreiften Zellen bestehen. EBERTH zeigte, dass auch bei den anderen Thiergruppen auch im ausgebildeten Zustand die Herzmuskulatur eine Zusammensetzung aus quergestreiften Zellen ist, wie sie schon längst in dem embryonalen Zustande des Herzens derselben bekannt war. Bei den Teleostiern ist die Muskulatur des pulsirenden Truncus arteriosus eine glatte, während sie bei den übrigen Fischen und Batrachiern quergestreift ist (LEYDIG).

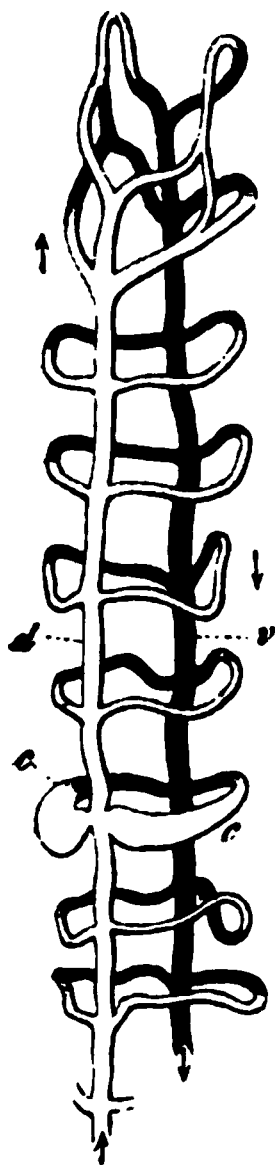
Ausser dem Herzen können auch noch andere Abschnitte des Gefässsystems quergestreifte Muskulatur besitzen: die peripherischen Herzen (LEYDIG). Myxine und Branchiostoma haben ein Pfortaderherz, bei letzterem findet sich auch ein Venenherz für das Lebervenenblut. Nach RETZIUS und J. MÜLLER sind auch die Anfänge der Kiemenarterien und die Aortenbogen quergestreift. Im Schwanz des Aals findet sich ein erweiterter pulsirender Sinus. Die rhythmischen Bewegungen der Venen in den Flügeln der Fledermäuse (W. JONES) und der grösseren

Arterien im Ohr des Kaninchens (SCHIFF) beruhen wohl auf Bewegungen glatter Muskulatur, die auch, wie wir oben sahen, der Pulsation fähig ist.

Vollkommen abweichend von dem Verhalten der Circulationsapparate der übrigen Wirbelthiere verhält sich *Amphioxus*. Ihm fehlt ein Centralorgan der Circulation; dagegen erscheinen alle grösseren arteriellen und venösen Gefässstämme rhythmisch-contractil, ohne dass hierin eine Stelle des, wie bei den übrigen Wirbelthieren in sich geschlossenen, Gefässsystemes vor einer anderen bevorzugt erscheint. Das Verhalten erinnert an die bei Würmern sich findenden Einrichtungen.

Ein Hauptunterschied zwischen dem Circulationscentrum der Wirbelthiere und Wirbellosen besteht darin, dass bei ersteren das Herz aus einem ventralen Abschnitt des Gefässsystemes entsteht, während bei den Wirbellosen das Centralorgan der Blutbewegung aus dem Dorsalgefässsystem oder einem Theile desselben sich bildet (GEGENBAUR). Bei den Tunicaten findet sich ein wahres Herz, das mit dem der Wirbelthiere gleiche Lage hat. Bei den niedersten Wirbellosen, Protozoen, fehlt mit einer dem Blute analogen Ernährungsflüssigkeit auch das Herz und die übrigen Kreislaufsorgane. Hier steht die Saftbewegung des Protoplasma, welche zum Theil durch allgemeine Körperbewegung und pulsirende Vacuolen geregt wird, an Stelle der Circulation. Bei den Coelenteraten ist eine Trennung zwischen

Fig. 108.



Vorderer Abschnitt des Blutgefässsystems einer jungen *Saenuris variegata*. d Dorsalgefäss. v Ventralgefäss. c Herzartig erweiterte Queranastomose. Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstroms an.

den Verdauungsröhren und den Blutgefässen noch nicht eingetreten, im Magen gebildete Chymus wird direct durch Canäle oder taschenförmige Bildungen dem Körperparenchym zugeleitet. Man bezeichnet dieses gemeinsame Organ als: Gastrovascularsystem. Es ist dasselbe aber auch durch das dem Chymus beigemischte Wasser, welches mit ihm im Körper vertheilt, respiratorischen Zwecken dienend. Auch bei den niedersten Würmern wird die Ernährungsflüssigkeit ohne eigene Bahnen zu besitzen, durch endosmotische Vorgänge in dem öfters noch verzweigten Darmcanale (Planarien, Trematoden) direct den Körperorganen zugeführt. Auch bei den Rädertieren und Bryozoen fehlt noch ein Blutgefässsystem, die Ernährungsflüssigkeit findet sich frei in einer Leibeshöhle und wird durch die Contraction des Körpers oder des Tentakelapparates in unregelmässige Bewegungen gesetzt. Bei *Polygordius* tritt als Anfang eines Gefässsystems ein dorsaler Medianstamm mit meist blind endigenden Querästen auf. Bei den Würmern mit rothem Blute erscheinen einfache, doppelte oder mehrfache Gefässstämme, welche sich abwechselnd bald füllen, bald zusammenziehen und dadurch das Blut in Bewegung setzen. Die Contraction der Gefässstämme schreitet peristaltisch vorwärts, wodurch in den Längsgefässen eine Kreisbewegung entsteht, bei den Hirudineen bei denen die Hauptstämme lateral liegen, in horizontaler, bei den Lumbricinen u. a., wo die Hauptstämme oben und unten liegen, in vertikaler Richtung. Zu gleicher Zeit wird das Blut abwechselnd durch die Quergefässe von einer zur anderen Seite geworfen, indem der eine Stamm sich füllt, während der andere sich contrahirt, was man das bei *Hirudo vulgaris* beobachtet hat (J. MÜLLER) (Fig. 108). Bei den Tunicaten hat, wie schon erwähnt, das Herz eine ventrale Lage, es erscheint als ein rundlicher oder länglicher Schlauch. Bei den Appendicularien bewegt es das erst frei in der Leibeshöhle circulirende Blut. Bei den Ascidien biegt sich beiderseits das Herz in ein Gefäss um, die mit einem Lakunensystem, das den Leib durchzieht, in Verbindung treten. Bei Salpen findet sich dagegen ein ausgebildetes Gefässsystem mit dem Herzen in Verbindung. Bei allen Tunicaten ist die Richtung des Blutstroms eine wechselnde. Hat das Herz eine Anzahl von Pulsationen nach der einen Richtung ausgeführt, so tritt eine momentane Pause ein und die peristaltische

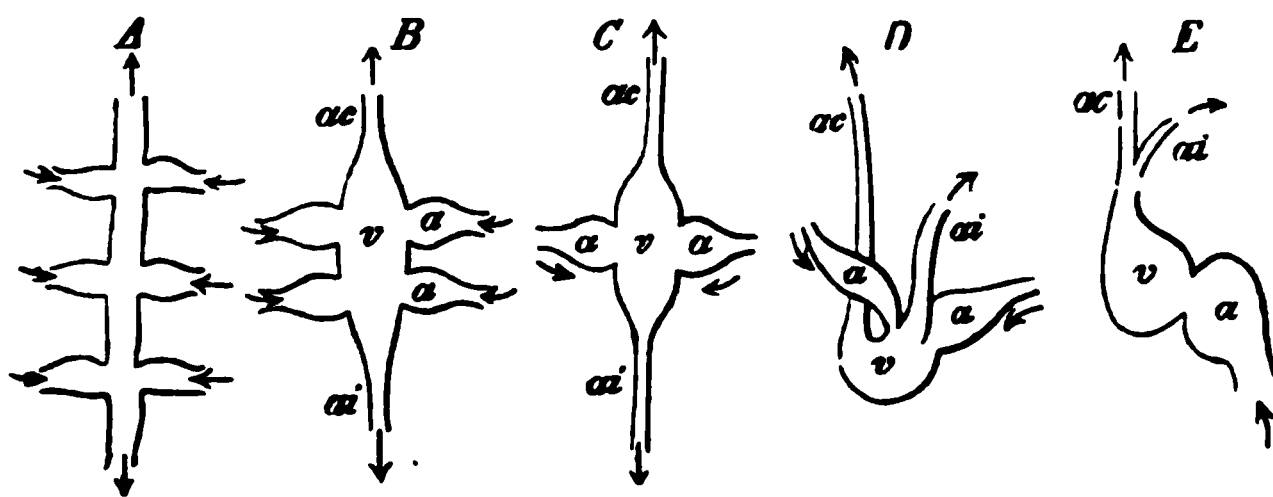
gebildetes Gefässsystem mit dem Herzen in Verbindung. Bei allen Tunicaten ist die Richtung des Blutstroms eine wechselnde. Hat das Herz eine Anzahl von Pulsationen nach der einen Richtung ausgeführt, so tritt eine momentane Pause ein und die peristaltische

en des Herzschlauchs erfolgen nun in der entgegengesetzten Richtung. Dasselbe ~~LLER~~ bei *Hirudo vulgaris* beobachtet, ein und derselbe contractile Gefässstamm ne peristaltischen Bewegungen bald in der einen, bald in der anderen Richtung, so hier die Richtung der Blutbewegung abwechselt. Bei den Echinodermen zeigt laufsapparat im Allgemeinen eine radiäre Anlage. Ein Ringcanal umkreist meist den, ein anderer den Endtheil des Darmcanals, beide werden durch einen contractilen in Verbindung gesetzt, der als Herz functionirt. Von den Blutgefässringen treten este ab. Ausserdem besitzen diese Thiere noch einen Gefässapparat, welcher mit tgefässsystem vielleicht in Verbindung steht, und dessen in die Augen fallendste in der Einführung von Wasser in den Körper besteht: Wassergefässsystem.

den Arthropoden findet sich als Herz ein dorsaler contractiler Gefässstamm, gesetzt nach ein und derselben Richtung das Blut bewegt, so dass ein Kreislauf aus en und venösen Strömen entsteht. Das aus dem Herzen in arteriellen Gefässen ab- de Blut ergiesst sich entweder durch ein Rudiment eines Hauptgefässstammes oder nige Hauptstämme sofort frei in die Leibeshöhle, oder es finden sich feine arterielle gungen und Kapillaren. Die venösen, zum Herzen zurückführenden Wege scheinen gegen, auch wenn sie zu feineren, regelmässig vertheilten Canälen werden, besondere igen zu entbehren und stehen mit dem Herzen nicht in directer Verbindung. Sie in einen das Herz umgebenden Blutbehälter, Perikardialsinus, aus dem das Blut paltartige, meist paarig vorhandene Oeffnungen von verschiedener Zahl in das rücktritt.

en Mollusken scheint ein als Herz fungirendes Centralorgan des Kreislaufs zuzu-, bei den Brachiopoden findet es sich aber an verschiedenen Ausschnitten des Ge- ems. Analog wie bei den Arthropoden ist auch bei den Mollusken das Gefässsystem nz abgeschlossen, obwohl (Cephalopoden) kapillare Verzweigungen auftreten können. itt hier das Blut nicht durch Spalten, sondern durch wahre Gefässstämme, die das Blut aus den Gewebslücken sammeln, in das Herz zurück. Bei den drei Abtheilun- Otokardier ist das Herz in Kammer und Vorkammer geschieden und wird von esonderen Herzbeutel umschlossen. Der Kammer wird das Blut bald von zwei, n einer Vorkammer zugeführt, und sie entsendet es wieder der Hauptmasse nach inen dem Vordertheile des Körpers zulaufenden grösseren Arterienstamm, eine Aorta. die hinteren Körpertheile und Eingeweide bestimmter Arterienstamm entspringt ent- direct aus dem Herzen: Aorta posterior, bei den Lamellibranchiaten und Cephalopoden, zweigt sich (Cephalophoren) von der Hauptaorta als Aorta posterior ab (Fig. 409).

Fig. 409.



atische Darstellung zur Vergleichung der Modificationen der Circulationscentren bei den en. A Theil des Dorsalgefässstammes und der Querstämme eines Wurmes. B Herz und Vorhöfe antilus. C Herz und Vorhöfe eines Lamellibranchiaten oder Loliginen. D Dieselben Organe eines us. E Herz und Vorhof eines Gasteropoden. v Herzkammer. a Vorkammer. ac Arteria cephalica. ai Arteria abdominalis. Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstroms an.

. Blut wird aus den Venenräumen zunächst den Athmungsorganen zugeleitet, von s zu dem Herzen zurückkehrt, so dass das Herz nur arterielles Blut erhält, es ist ein

**Arterienherz.** Das Herz der Gasteropoden stimmt im Bau gewissermassen mit dem der Wirbelthierembryonen und Fische überein. Der wesentliche Unterschied zwischen Herzen ist aber, wie schon oben angedeutet, der, dass die letztbeschriebenen Herzen einem dorsalen Längsstamm sich entwickeln. Das Gefässsystem der Mollusken setzt sich daher an das der Würmer mit dorsalem contractilen Gefässe an, und die sog. Kammer erscheint als differenzirter Abschnitt eines dorsalen Längsstammes, und die selben einmündenden Vorkammern sind modificirte Querstämme (GEGENBAUR).

Die Herzen erhalten ihre Fähigkeit, das Blut in einer bestimmten Richtung auszufließen zu können, durch Klappeneinrichtungen. Bei den Wirbelthieren sind die Klappen meist einfache Duplicaturen des Endokardiums. Die starke Klappe im rechten Herzen des Vogels und des Schnabelthiers besteht dagegen aus quer gestreifter Muskulatur, eben die Klappe zwischen Sinus venosus und Vorhof bei *Leuciscus* und wohl auch bei anderen (LEYDIG). Das Krokodil besitzt rechterseits nur eine Atrioventrikularklappe, die an der Septumwand ansitzt, von der anderen Seite springt die Muskelwand in eine Leistenförmig vor. Bei Fischen finden sich ausser den taschenförmigen, arteriellen Ventilen mehrere Reihen schmaler Klappenblättchen, deren Umschlagen nach hinten durch Sehnen verhindert wird. Die klappenartigen Vorrichtungen im Herzen der Wirbellosen (LEYDIG) entweder auch Duplicaturen der Intima, hier und da mit Muskeln, oder es sind eigenthümliche zellige Gebilde als Klappen. So verrichten nach LEYDIG in der hinteren Kammer des Herzens der Larve von *Corethra plumicornis* sechs bis acht Paare beweglicher Zellen die Dienste von Klappen. Sie stehen alternirend, eine etwas höher als die andere, wodurch bei der Systole des Herzens je zwei Klappenzellen dicht hinter einander zu liegen kommen und das Kammerlumen vollständig absperren.

---

## **Zwölftes Capitel.**

# **Die Blutbewegung.**

## **II. Die Blutgefässe.**

---

### **Nerveneinflüsse auf die Weite der Blutgefässe.**

Aus dem Herzen wird das Blut, wenn der Blutdruck in den sich zusammenziehenden Herzkammern den Druck in der Aorta übersteigt, in die letztere gepresst.

Arterien und Venen sind Röhren von cylindrischem Querschnitte mit mehr oder weniger dicken, sehr elastischen Wandungen, welche durch eingelagerte muskuläre Muskelfasern die Fähigkeit erhalten, sich aktiv, durch nervösen Einflüsse, zu verengern und zu erweitern. Wir haben also zwei Momente zu unterscheiden, welche auf den Durchmesser der Gefässlichtung von bestimmendem Einflüsse sind: die Elasticität und die aktive Contractilität. Letztere ist bei den Arterien, namentlich denen kleineren Kalibers, viel entwickelter als bei den Venen. Auch den Kapillaren fehlt sie nicht.

Im normalen Zustande befinden sich die Gefässe unter einem ihrer Weite regulirenden Einfluss der Gefässnerven. CL. BERNARD machte die Beobachtung, dass nach Durchschneidung des Halsstammes des Sympathicus sich die gesammten Gefässe der anliegenden Kopfhälfte erweitern. An den Ohren, besonders bei Kaninchen, welche die Blutgefässe durchscheinen lassen, beobachtet man bei einseitiger Durchschneidung die eingetretene Erweiterung der Gefässe, eine Röthung, die gesteigerte Wärmeabgabe in Folge der vermehrten Blutzufuhr beweist im Vergleiche mit dem normalen Ohre der anderen Kopfseite. Ebenso wirken die Durchschneidungen der Gefässnerven an anderen Abschnitten des Gefässsystemes. Reizung, z. B. electriche, der peripherischen Enden der durchgeschnittenen Gefässnerven macht die Erweiterung wieder verschwinden und bringt eine Gefässverengerung hervor, die von einer Verminderung der Wärmeabgabe begleitet ist.

Während des Lebens sind die nervösen Beeinflussungen der Gefässe sehr wechselnd. Sie sind es vor Allem, wodurch die Blutvertheilung im Körper je nach dem Bedürfniss der Organe geregelt wird. Organen, welche eine gesteigerte Blutzufuhr bedürfen, wie den arbeitenden Muskeln, secernirenden Drüsen, dem schwangeren Uterus, dem Ovarium während der Eireife wird eine grössere Menge Blut zugeführt. Man weiss, dass von sensiblen Organ- und Hautnerven

aus reflectorisch eine Erregung auf die Gefässnerven ausgeübt werden kann. Wir sehen bei Reizen, die die äussere Haut treffen, z. B. durch Kälte zuerst durch reflectorische Wirkung der Gefässnerven eine tetanische Contraction und Verengung der Hautgefäße eintreten, welche von einer secundären Erweiterung gefolgt wird in Folge der Ermüdung der Gefässmuskulatur. An der Haut des Menschen lassen sich diese beiden Zustände durch die eintretende Blässe oder Röthung, welche letztere mit gesteigerter Wärmeabgabe verbunden ist, direct beobachten. Aehnliche reflectorische Einwirkungen auf die Gefässnerven müssen wir auch bei den arbeitenden Drüsen annehmen; so erfolgt ein Reflex von den sensiblen Nerven der Magenschleimhaut, welche durch die aufgenommenen Nahrungsstoffe mechanisch oder chemisch erregt werden, auf die motorischen Nerven der Gefäße ihrer Drüsen, wodurch letztere erweitert werden. Andererseits häufen sich, in Folge der Arbeitsleistung der Organe, Zersetzungsprodukte (ermüdende Stoffe) in diesen an, welche durch ihre chemische Wirkung als Säuren oder Alkalien direct die in den Organen verlaufenden Nerven in ihren Lebenseigenschaften beeinflussen. Als Gefäss erweiterndes Moment ist vor Allem noch die gesteigerte Temperatur bekannt. Dass auch psychische Alterationen vom Gehirne aus auf die Gefässnerven wirken können beweist die Blässe des Schreckens und umgekehrt die Schamröthe. **LUDWIG** und **CYON** fanden, dass beim Kaninchen die Reizung gewisser sensibler (centripetaler) Nerven ganz besonders im Stande ist, die tonische Contraction der Gefäße herabzusetzen oder aufzuheben. Man nennt diese Nerven oder Nervenfasern depressorische. Sie sammeln sich bei Kaninchen und Katzen in einem Vaguszweig: Ramus depressor. Doch sollen auch in dem Vagustamm depressorische Fasern verlaufen. Auch im Laryngeus superior und Halssympathicus verlaufen depressorische Fasern, welche reflectorisch die Gefässspannung steigern (**AUBERT** und **RÖVER**). Beim Kaninchen verläuft der Ramus depressor zwischen Vagus und Sympathicus frei am Halse, er entspringt gewöhnlich zweiwurzellig aus dem centralen Ende der Laryng. s. und dem Vagus; sein weiterer Verlauf bis zum Plexus cardiacus ist verschieden. Bei Hund und Mensch kommen analoge Aestchen innerhalb der Vagusscheide vor (**KREIDMAN**).

**BUDGE** beobachtete, dass durch electriche Reizung desjenigen Gehirnthells, in welchem der Pedunculus cerebri liegt, alle kleineren Arterien des Körpers sich verengern und der Blutdruck steigt (cf. Gehirn). Aber auch in der Medulla oblongata scheint ein Centralorgan der vasomotorischen Nerven zu liegen, welches von jener Gehirnstelle aus, in deren Nähe auch das Reflexcentrum liegt, angeregt werden kann. **C. DITTMAR** begrenzt das vasomotorische Centrum auf das Ursprungsgebiet der Nn. faciales. Nach den Beobachtungen **LUDWIG** und **THIRY**'s bewirkt seine Reizung, so lange Rückenmark und Sympathicus unverletzt sind, eine Verengung sämtlicher feineren Arterien mit Erhöhung des Blutdrucks in den Arterienstämmen und Erweiterung des Herzens. Da Durchschneidung der vasomotorischen Nerven die Arterien erweitert, so müssen wir uns dieses Centralorgan in einer beständigen (tonischen), in ihrer Intensität schwankenden Erregung denken. Auf die Durchschneidung des Rückenmarks in der Cervicalgegend folgt eine allgemeine Erschlaffung aller Arterien, so dass dann alle Gefässnerven durchschnitten erscheinen. Man nimmt vielfach an, dass die beständige Erregung des Gefässnervencentrums durch die Kohlensäure



Blutes ausgeübt wird, da man bei erstickenden oder mit Kohlensäure vergifteten Thieren eine regelmässig intermittirende Ab- und Zunahme des Blutdrucks in den Arterien eintreten sieht (THIRY und L. TRAUBE). Nach SCHLESINGER gehen auch Gefässnerven direct vom Rückenmark aus.

**Arztliche Bemerkungen.** — Allgemeine Contraction der Körperarterien tritt im Fieberfrost ein, wohl durch Reizung des vasomotorischen Centrums. Geht in Folge gewisser Erkrankungen die Contractilität der Arterie verloren, so dass diese in eine mehr oder weniger harte Röhre verwandelt wird, so wird dadurch die Ernährung der von ihr versorgten Körpertheile meistens bald beeinträchtigt, da die Zufuhr von Blut nun nicht mehr einem vorübergehend gesteigerten Stoffwechselbedürfniss entsprechend vermehrt werden kann.

Die aktive Contractilität der Arterien ist am Puls nicht betheiligt, wenn wir von den spontanen Bewegungen der Arterien im Kaninchenohr (SCHIFF, cf. S. 460) und den analogen Vorkommnissen absehen, doch sehen wir nach dem Aufhören der Herzbewegung eine aktive Entleerung der Arterien in die Venen eintreten (v. BEZOLD), worauf die Leere der Arterien in der Leiche beruht. Diese Contraktionen erfolgen wahrscheinlich auf Reizung des vasomotorischen Centrums durch das vor dem Aufhören der Athmung venös gewordene Blut.

Die vasomotorischen Nerven verlaufen theils im Sympathicus, theils aber auch in spinalen Nerven. Im Halsstrang des Sympathicus verlaufen die Gefässnerven der Kopfhaut, der Conjectiva, der Speicheldrüsen (BERNARD). Von den Rami communicantes des Sympathicus gehen die Gefässnerven für die unteren Extremitäten in die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven ein (BERNARD, PFLÜGER). Für die oberen Extremitäten verlaufen sie nach E. CYON von den mittleren Dorsalwurzeln zum Grenzstrang, von da zum ersten Brustganglion und gehen durch die Rami communicantes zum Plexus brachialis. Der Gefässbezirk der Bauchorgane, welcher so erweiterungsfähig ist, dass er fast die gesamte Blutmenge des Körpers, z. B. nach Pfortaderunterbindung, beherbergen kann, erhält nach der Entdeckung BEZOLD's seine Nervenfasern jederseits vom Splanchnicus, der also der wichtigste Gefässnerv ist. Reizung der Nervi erigentes bringt am Penis eine Erweiterung der Arterien hervor. Die Reizung des Splanchnicus bewirkt wie jede Steigerung des Blutdrucks (cf. S. 454, 464) eine Vermehrung, seine Durchschneidung, wie die Durchschneidung des Rückenmarks dagegen aus dem entgegengesetzten Grunde Verminderung der Pulsfrequenz (LUDWIG). Nach BROWN-SÉQUARD entspringen die vasomotorischen Nerven des Herzens, der Lungen und der hauptsächlichsten Eingeweide des Unterleibs nicht von der Medulla oblongata, sondern von der Brücke und den oberhalb derselben und um sie herum gelegenen Hirntheilen. Die vasomotorischen Nerven der Lungen verlaufen nach demselben Autor nicht im N. vagus, sondern durch das Cervicalmark und das erste Ganglion thoracicum des N. sympathicus (cf. BROWN-SÉQUARD).

## Der anatomisch-physiologische Bau der Blutgefässe.

Der Bau der Gefässe hat zwei sich scheinbar widersprechenden Aufgaben zu dienen. Es muss das Blut zuerst vom Herzen aus in geschlossenen Röhren zu den Organen zugeleitet werden. Bis dorthin, wo es seine Functionen zu erfüllen hat, darf es mit den Geweben in keinen Diffusionsverkehr kommen, da sonst durch Abgabe und Aufnahme von Stoffen für den Ernährungszweck untauglich geworden wäre, schon ehe es den Ort seiner eigentlichen Bestimmung erreicht. Die lebende Wand der grösseren und grössten Gefässe muss daher für Flüssigkeiten ganz undurchgängig sein, wenn es diesem Leitungsverke ge nügen soll. Dies ist vollkommen der Fall. Die Wände der grösseren Gefässe sind so vollkommen undurchlassend für Blutbestandtheile, dass sie, die ständig von Blut durchströmt werden, noch besondere Gefässe für ihre eigene

Versorgung mit Blut bedürfen; es sind dieses die *Vasa vasorum*, die Blutgefässe für die Blutgefässwände, die wir bis herab zu sehr kleinen Gefässen noch nachweisen können. Ebenso ist es bei dem Herzen, das, während es fort und fort von der gesamten Blutmenge durchsetzt wird, doch eigener Gefässe bedarf, die seine Muskulatur mit dem für ihre Aktion nothwendigen Blute versorgen. Erst wenn die Gefässe den Ort ihrer directen Bestimmung in den Kapillaren zirkeln erreicht haben, bekommen ihre Wände die ihnen jetzt für Erfüllung ihres Ernährungszweckes unerlässliche Eigenschaft, den Wechselverkehr der Blutflüssigkeit mit den Flüssigkeiten der Gewebe zu gestatten.

Diese Eigenschaft kommt den **Kapillargefässen** zu, deren Wände, selbst aus Zellen entstanden, sich wie Zellenprotoplasma verhalten. Die Kapillaren sind (STRICKER) Protoplasma in Röhrenform. Damit stimmt es überein, dass sie sowohl bei jugendlichen als erwachsenen Individuen contractil sind. STRICKER hat die Kapillaren der Froschlarven und der Nickhaut des erwachsenen Frosches so aktiv soweit verengern, dass kein Blutkörperchen mehr eintreten konnte. Es ist gelungen, die Grenzen der die Kapillarwandung zusammensetzenden Zellen sichtbar darzustellen. Letztere sind platt, oft zackig gerandet, kernhaltig. Sie sind bald mehr spindelförmig, bald mehr polygonal. Bei den feinsten Kapillaren bildet nur eine einzige mit ihren eigenen Rändern sich ringförmig berührende Zelle je eine Strecke der Wand. An weiteren Gefässchen sieht man 2—4 Zellen sich zu Wandbildungen vereinigen. Diese Zellen entsprechen anatomisch der Endothel der grösseren Gefässe. Man könnte also sagen, dass die Kapillaren aus Zellen, die in gewissem Sinne dem Endothel ähnlich sind, bestehen. Es sitzen sonach alle Gefässe ein analog gebildetes Zellenrohr: Tunica intima Endothelrohr (HIS), das bei den stärkeren Gefässen noch von anderen Gewebeschichten aus bindegewebigen, elastischen und muskulösen Elementen umlagert wird: äussere Umhüllungshaut (EBERTH). Das Protoplasma ist unter gewissen oben S. 432 angegebenen Bedingungen für Flüssigkeiten durchlässig. Der Flüssigkeitsverkehr zwischen Kapillaren und Gewebe beruht jedoch nicht hierauf allein. COHNHEIM, J. ARNOLD u. A. haben in dem Endothelrohr noch kleine, bei pathologischen Zuständen (Oedem, Entzündung) sich erweiternde präformirte Oeffnungen: Stomata (Stigmata) nachgewiesen, durch welche eine offene Communication zwischen Kapillareninhalt und den feinsten Hohlräumen des umgebenden Gewebes (cf. Lymphgefässwurzeln und Diapedesis S. 44) hergestellt wird.

An den **grösseren Gefässen** unterscheidet man drei Hauptschichten: eine innere, mittlere und äussere Haut. Die Tunica intima, die innerste Schicht, besteht aus dem Endothelrohr, welches nach aussen bei grösseren Gefässen von einer bindegewebigen Lage: innere Längsfaserhaut, bekleidet ist. Den Verlauf ihrer Elemente deutet ihr Name an. Nun folgt eine elastische Membran, die noch zur Innenfläche gerechnet wird: elastische Innenhaut. Die mittlere Schicht der Gefässwand, Tunica media, wird auch als Ringfaserhaut bezeichnet, da ihre Elemente vorwiegend eine quere Lage haben, die Peripherie des Gefässes umkreisend. Hier finden sich vor Allem die organischen Muskelfasern. Auf ihrer Aussenfläche bilden elastische Elemente bei den Arterien eine ziemlich deutliche Schicht: HENLE's äussere elastische Haut. Die Tunica adventitia, die äussere Gefässhaut, hat wieder vorwiegend Längsfasern.

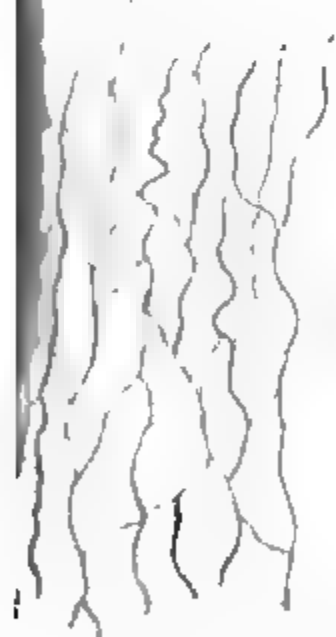
und besteht meist nur aus lockigem Bindegewebe und elastischen Faserzügen und Netzen.

Die elastischen Elemente der Gefässe zeigen sehr viel Mannigfaltigkeit. Es kommen hier die bekannten feinen elastischen Fasern vor, wie sie sich sonst in dem gewöhnlichen lockigen Bindegewebe durch ihre scharfen Brüche und starkes Lichtbrechungsvermögen kennzeichnen. Oft sehen wir diese Fasern zierliche Netze bilden. In vielen Fällen sind die Fasern sehr breit geworden, die Maschenräume der Netze dagegen eng. Nimmt die Breite der Fasern im Verhältniss zu den Maschen noch weiter zu, so bekommt das Geflecht das Ansehen einer durchbrochenen Haut, einer gefensterten, elastischen Membran. An einzelnen Stellen verschmelzen die Fasern zu wahren, homogenen, elastischen Membranen (Fig. 440, 444).

Ueber Lymphgefässe in den Gefässen cf. oben. Mit Ausnahme der Capillaren sind in der Wand aller Gefässe Nerven nachgewiesen, die sich unter der Adventitia in ein oft sehr feines Netz auflösen. Auch Ganglienzellen kommen in den gröberen Nervennetzen vor, LEHMANN entdeckte sie an der Cava inferior des Frosches.

Die mittelstarken Arterien haben als allgemeine Eigenschaft eine sehr bedeutende Dicke der Media, die in viele regelmässige Schichten zerfällt. Bei den kleinsten Arterien unter 0,1 mm besteht die Media aus vorherrschend querlaufenden Muskelfasern. Bindegewebe und elastische Fasern fehlen in ihr. Unter dem Epithelrohr folgt (FAEV) eine gefensterte elastische Membran (Fig. 442). Je feiner die Arterien werden, desto zarter wird die Schicht-

Fig. 440.



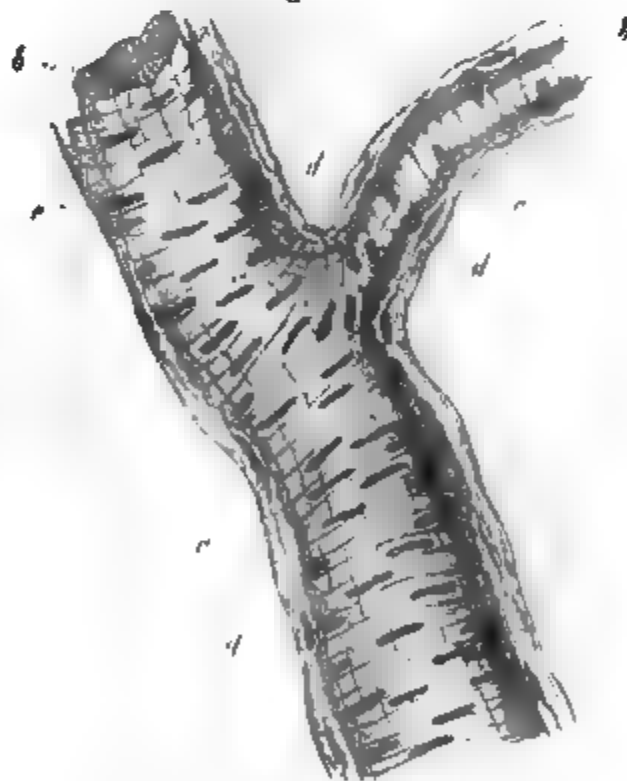
a feiner elastischer Faser aus dem Peritoneum eines Kindes, 350mal vergr.

Fig. 444.



Elastische Membran aus der Tunica media der Carotis des Pferdes, 350mal vergr.

Fig. 442.



Ein arterielles Stämmchen. Bei b die homogene, kernlose Innenschicht; c die aus contractilen Faserzellen gebildete mittlere; d die bindegewebige äussere.

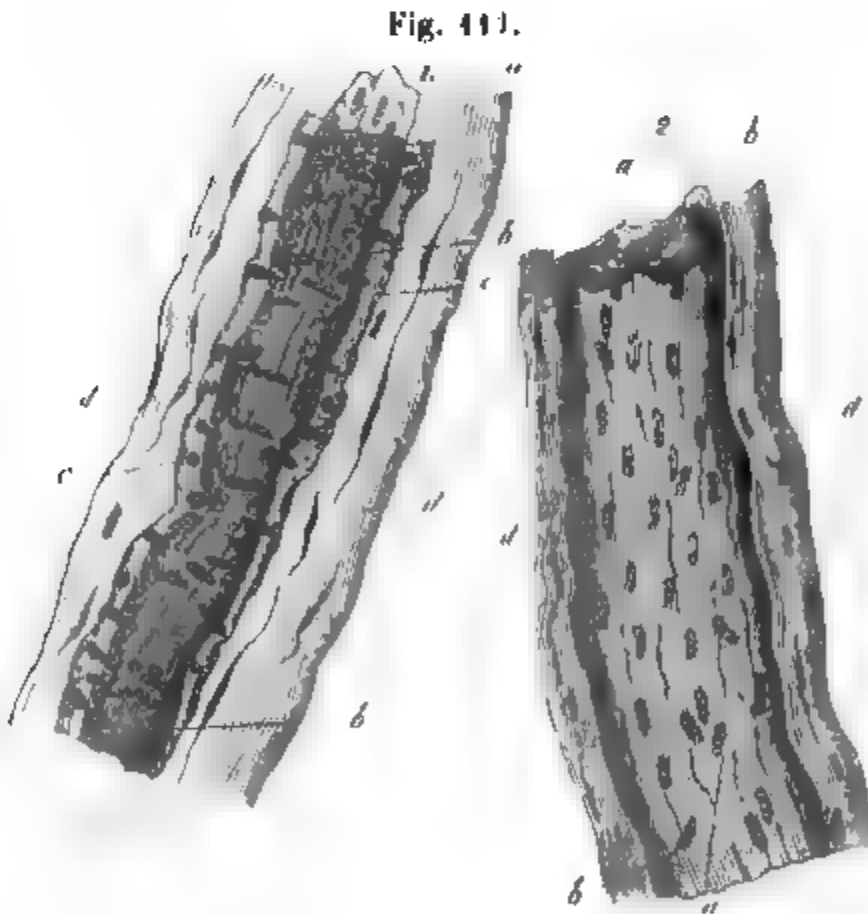
g. Noch in Gefässen von 0,15—0,02 mm Durchmesser findet sich ausser dem Epithel wenigstens eine Lage contractiler Elemente. In den mittelstarken Gefässen mischen sich mit

den immer mächtiger werdenden Muskellagen elastische Netze und Bindegewebszüge, eine sich mehr und mehr ausbildende Schichtbildung in der Media entsteht. Die Adventitia ist meist mächtiger als die Media entwickelt. Bei den stärksten Arterien erscheint Ringfaserhaut elastische Häute, Platten und Netze, welche in vielen, bis 50 Schichten, Muskelfasern abwechseln. Die muskulösen Elemente sind dabei relativ weit weniger als in den mittleren und kleinsten Arterien, ihre Elemente sind klein und unentwickelt, dass sie keine bedeutenden Verkürzungen erleiden können. Die Adventitia der Arterien ist wieder weniger entwickelt, als die der mittelstarken, auch weniger schalenartige elastische Einlagerungen abgegrenzt.

Unter den querlaufenden Muskelfasern finden sich auch in den Arterien an vielen längsgerichtete. Insbesondere fand EBERTH die in ihrer Lage weniger fixierten grossen wie die der Baueingeweide des Menschen und der Säugethiere: Arteria lienalis, und dorsalis penis durch längsverlaufende Muskelbündel ausgezeichnet, welche in der Adventitia angehören. Sie finden sich an Stellen besonders häufig, wo weniger fixierte Arterien spitzwinkelig von einem Stamme abtreten. Hier haben sie nach EBERTH wahrlich die Aufgabe, das Gefässlumen offen zu erhalten, wenn durch starke Verengung der Arterien das Blut behindert wird.

Die Venen sind im Allgemeinen dünnwandiger als die Arterien und weniger muskulös und elastischen Elementen, daher schlaffer und weniger contractil. Am meisten verschieden ist der Bau der Intima, sie zeigt wie dort ein Endothelrohr, unter der Intima der stärkeren Venen auch längsstreifige Fasern und starke elastische Netze, die aber kein hautartiges Ansehen bekommen. Die Venenklappen sind von der Intima über die Media aus der Media stammende Bindegewebslamellen, in welche auch elastische Elemente

eingelagert sind. Doch fehlen ausseren Venenklappen. Die Media der Venen hat verhältnissmässig weniger elastische Fasern und Netze als die der Arterien. Es finden sich in der Media der Venen querlaufenden meist längsgerichtete Muskelfasern (Fig. 443); die Ringmuskeln der Media bilden im Venenklappen eine ansehnliche Verdickung, über derselben liegt sie auf eine kurze Strecke (CADIAT). Die Media der mittelstarken Venen ist relativ am mächtigsten, dieses auch bei den stärksten Arterien der Leber. Viel Bindegewebe mischt sich stets mit den Muskelfasern. Die Adventitia ist gewöhnlich die stärkste Lage und entspricht ihrer Mächtigkeit mit der der Arterien. Bei vielen besonders solchen der



Zwei stärkere Gefässe aus der Pia mater des menschlichen Gehirns.

1 Ein kleiner arterieller Stamm, 2 ein venöser; a, b Innenschicht, c die mittlere, d die äussere Gefässhaut.

Leibeshöhle, finden sich auch in ihr längsverlaufende Muskelfaserzüge eingelagert. Die Venen zeigen keine Muskellage bis zu einem Durchmesser von 0,04 mm, wo erst quere Muskelfasern, die den Charakter der Muskelzellen annehmen, auftreten.

Die Venen lassen sich also in muskellose und muskulöse einteilen. Zu den ersteren sind nach **EBERTH** zu rechnen: die Venen der Pia und Dura mater, die **BRESCHET'schen** Knochenvenen, die Venen der Retina, die untersten Abschnitte der in die Cava superior einmündenden Venen des Stammes, Vena jugularis interna und externa, die Vena subclavia und die Venen der mütterlichen Placenta. Die Lungenvenen haben quergestreifte Muskelfasern, welche beim Menschen bis zum Lungenhilus sich erstrecken, bei kleinen Säugieren (Maus, Fledermaus, Ratte) bis zu den feineren Zweigen (**STIEDA**, **C. ARNSTEIN**). Sie stehen mit der Herzmuskulatur in physiologischer Verbindung und ersetzen die an den Lungenvenen fehlenden Klappeneinrichtungen.

Auf die Verschiedenheiten in der **Kapillaranordnung** kommen und kamen wir bei den speciellen Beschreibungen der Gewebe zu sprechen. Im Allgemeinen gilt das Gesetz, dass sich das Kapillarnetz den Gewebselementen anpasst. In die mikroskopischen Muskel- und Nervenfasern, in die Zellen- und Zellenabkömmlinge treten keine Kapillaren ein. So kommt es, dass die Kapillarnetze je nach der Gestalt dieser Gewebseinheiten bald lang gestreckte, radlinig verbundene Maschen, z. B. in den Muskeln und Nerven, bald rundliche, engere oder weitere Netze darstellten. Das Netz und damit die Blutzufuhr ist im Allgemeinen um so reicher, je lebhaftere Functionen der Organismus von einem Organe fordert, je lebhafter die Bewegung, Empfindung, Aufsaugung, Ausscheidung desselben ist. Sehr wichtig ist die Bemerkung **E. H. WEBER's**, dass im Durchschnitt die Länge der Kapillarstrecke zwischen Arterienende und Venenanfang nicht mehr beträgt, als etwa 0,4 mm, mag nun das Kapillarnetz eine Gestalt haben, welche es will. Es ist also die Strecke, auf welcher das Blut mit den Geweben verkehrt, stets nur eine sehr kurze. Die Thätigkeit der Blutkörperchen und der Flüssigkeit ist auf einen sehr geringen Raum und auf eine sehr kurze Zeit beschränkt.

Cavernöse Gefäße bilden sich dadurch, dass sich die Gefäßwand auflockert und in einem schwammigen Gewebe umgebildet wird, oder indem anastomosirende Ausläufer der Arterien und das Lumen mehr oder weniger durchsetzen. Durch zahlreiche, rasch folgende Anastomosen ungleich weiter Gefäße wird das Gleiche erreicht, die ursprüngliche Gefäßwand wird durch auch zu dünnen Bälkchen und Blättchen, die einen bluthaltigen Hohlraum durchsetzen. Bei den Arterien finden sich solche Bildungen selten, häufiger bei den Venen, bei denen hier und da Muskelbündel in die Balken mit eintreten. Die Bluträume sind vom Endothel ausgekleidet (**EBERTH**).

Wandungslose intercelluläre Blutbahnen finden sich bei dem Menschen pathologisch bei der Wundheilung. Hier entstehen nach **THIERSCH** feinere und gröbere, wandungslose Bahnen zwischen den Granulationszellen. Anfänglich treten sie als ein Netz von plasmatischer Canäle auf, in welche plasmatische Flüssigkeit aus der aufgelockerten Arterienwand eintritt, die auf analoge Weise wieder in die Venen zurückkehrt. Ein kleiner Theil der Intercellulargänge wird später zu wahren Blutgefäßen, deren Wand durch Verschmelzung der die Blutbahn begrenzenden Zellen gebildet wird. Die Blutgefäße treten hier also zunächst als Intercellularräume auf.

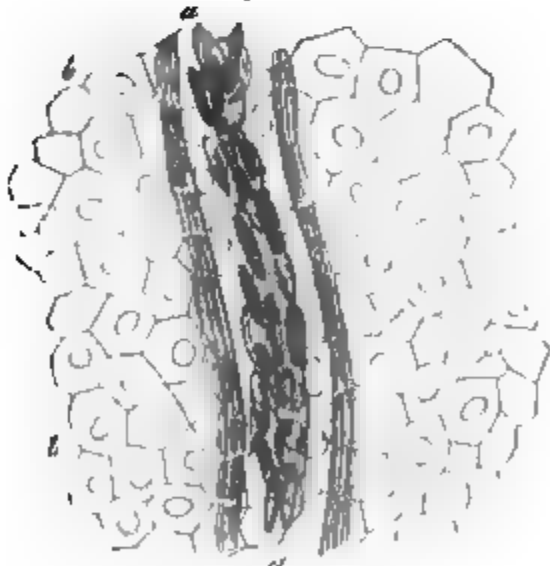
**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Noch gegen Ende des ersten Brüttages leitet sich beim Hühnchen die Bildung der Blutgefäße und des Blutes ein, am zweiten Tage sind erstere Röhren, das Blut selbst mit rother Farbe erkennbar. Die neu entstandenen Gefäße bilden ein dichtes, einschichtiges, engmaschiges Netz, an welchem ein Unterschied zwischen Aesten und Zweigen, abgesehen von der breiten Randvene, nicht wahrzunehmen ist. In diesem Netze springen rothgefärbte Stellen in die Augen: Blutinseln von verschiedener Form: runder, länglicher, ästiger, ja netzförmig. Die Blutinseln bestehen aus Anhäufungen gefärbter, kernhaltiger Zellen, welche theils fest im Parenchym eingeschlossen, theils einseitig an der Wand der Gefässanlagen sitzen, welche eben wegsam zu werden beginnen. Die Gefässanlagen entstehen nach **REMAK**, **KÖLLIKER** u. A. primär aus soliden strangförmigen Bildungen im Mesoderm, der **Area vasculosa**, welche nachträglich hohl werden und die Endothelröhren der Blutgefäße bilden. **GÖTTE** glaubte dagegen, dass die Blutgefäße aus Lücken im Mesoderm

hervorgehen, in welche Zellen vom Keimwulst aus einwandern und sich zu Blutzellen gestalten. Seitlich an der Wandung der neu entstandenen Blutgefässhöhlräume zeigen sich in unregelmässiger Lagerung reichliche Zellenanhäufungen, Verdickungen, Knotenpunkte, welche zuerst gelb, dann entschieden roth werden und dann die erwähnten Blutinseln oder Blutpunkte darstellen; sie sind nach KÖLLIKER integrierende Theile der Gefässwand. Die gefärbten Zellen werden in der Folge zu rothen Blutzellen, lockern sich und treten alle in die Gefässröhren ein, die schon vorher ein helleres Plasma enthalten. Die Blutpunkte verschwinden, nachdem ihre gefärbten Zellen alle in die Blutbahn gelangt sind. Die Bildung der rothen Blutzellen findet sonach im Mesoderm der Area vasculosa und in der hintersten Gegend der Area pellucida statt. KÖLLIKER hält es für ausgemacht, dass die eigentliche Embryonalanlage selbst sich bei der ersten Blutzellenbildung nicht betheilige, das Herz enthält nach v. BÄR zur Zeit seiner ersten Pulsationen nur eine farblose Flüssigkeit. Auch die ersten Blutgefässe bilden sich an den für die primitive Bildung der Blutzellen angegebenen Stellen; in der eigentlichen Embryonalanlage soll, abgesehen vom Herzen, gar keine selbständige Gefässbildung auftreten; die Gefässe entstehen aber als Sprossen der beschriebenen primitiven Gefässe (IIIa); sie bilden zuerst solide dünne Stränge von eckigen oder spindelförmigen Zellen, verbinden sich netzförmig und werden von den primitiven Gefässen aus hohl.

Ganz anders gestaltet sich der Vorgang der embryonalen Gefässbildung nach STRICKER und APPANASIEFF im Anschluss an die älteren Angaben von C. F. WOLFF und PANDER und im Gegensatz gegen REMAK. Im Beginne des zweiten Brüttags sehen sie in dem mittleren Keimblatt der Hühneranlage isolirte Zellen, welche sich zu grösseren Blasen ausbilden. In diesen Zellenblasen entstehen entweder durch einfache endogene Zellenbildung oder durch eine inneren Knospung (KLEIN) die embryonalen kernhaltigen Blutkörperchen. Die Wände solcher aus Protoplasma bestehenden Blasen wachsen zu soliden, später hohlwerdenden Sprossen aus, mit denen sie unter einander in Communication treten und dadurch die Anlage des Gefässnetzes bilden. Die Complicationen, welche später die einzelnen Abschnitte des Gefässsystems zeigen, entspringen secundären Processen an der Aussenwand der ursprünglichen überall aus einem soliden Protoplasmarohre bestehenden Gefässanlage. Auch die Kittsubstanzstreifen der Endothelien der Gefässe hält STRICKER für spätere Differenzirungen.

### Der Blutkreislauf unter dem Mikroskop.

Fig. 114.



Der Blutstrom in der Schwimnhaut des Frosches nach WAGNER. a Das Gefäss; b die Epithelialzellen des Gewebes.

Wie wir die Bewegungen des Herzens am lebenden Organe mit freiem Auge beobachten konnten, so bringt uns das Mikroskop das Phänomen des Kreislaufes und der Bluthbewegung direct zur Anschauung. Die Beobachtung desselben an den durchsichtigen Schwänzen von Froschlärven, den Schwimnhäuten der Frösche oder dem Mesenterium kleiner, durch Aether betäubter Säugethiere gehört zu den interessantesten Schauspielen, die uns die mikroskopische Beobachtung vorführen kann (Fig. 114). Ueber manche Einzelheiten des Kreislaufes erhalten wir damit sogleich eine deutliche Anschauung. Wenn wir einen grösseren Gefässbezirk mit einem Male überblicken, so zeigen sich sehr bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit der



Blutbewegung in den verschiedenen Gefässchen. In einigen erblicken wir die rothen Blutkörperchen, deren Fortrollen uns den Strömungsvorgang anschaulich macht, wie wir die Strömung eines Flusses auch nach den in ihm schwimmenden Gegenständen bemessen, scheinbar mit grosser Raschheit durchgerissen. Diese Gefässe sehen wir sich spalten, in feinere Zweige sich auflösen, die sich endlich als wahre Kapillaren erweisen. Ihre Weite bietet nur noch für ein einziges Blutkörperchen Platz, so dass eines hinter dem anderen hindurchfliessen muss. Die Gefässe mit rascher Strömung sind Arterien, die vom Herzen her das Blut zu den Kapillaren führen. Die Venen lassen sich ebenso an der Richtung der Strömung erkennen, welche von den Kapillaren nach den Zweigen und Stämmchen führt. Dabei ist in ihnen die Blutgeschwindigkeit auffallend viel geringer und die Farbe des Blutes gesättigter, dunkler. Auch in den verschiedenen Kapillaren ist die Geschwindigkeit nicht ganz gleich. Man kann auf die einfache Weise die Geschwindigkeit messen, wenn man unter dem Mikroskop mit einer Oculartheilung den Weg bestimmt, den ein Blutkörperchen während der Zeiteinheit einer Secunde zurücklegt. Durch die mikroskopische Vergrösserung erscheint der Raum, der durchlaufen wird, natürlich auch mit Vergrössert, und damit die Geschwindigkeit. E. H. WEBER bestimmte ihn im Durchschnitt etwa zu 0,4 mm oder etwas mehr in den Kapillaren von Frosch- und Menschenwänden, so dass also jedes Blutkörperchen etwa in der Zeit einer Secunde seinen Kapillarraum durchlaufen hat (S. 469).

Noch andere Bewegungserscheinungen lassen sich wahrnehmen. In den feinsten Arterien und Venen sowie in den Kapillaren zeigt sich die Strömung des Blutes ununterbrochen, gleichmässig. Nur in etwas stärkeren Arterien zeigt sich eine Spur des Pulses nachweisen. Seine Kraft ist also in den feinsten Arterien durch die Widerstände schon verzehrt. Von dem Durchzwängen der Blutkörperchen durch Kapillaren, welche enger sind, als der Durchmesser der Blutkörperchen, von ihren Umbiegungen an scharfen Theilungswinkeln der Gefässe, von ihren passiven Gestaltsveränderungen etc. war schon die Rede (S. 389). In grösseren Gefässen schwimmen die rothen Blutkörperchen nicht in regelmässigen Abständen etwa reihenweise hinter und neben einander; man sieht sie vielmehr im bunten Tanz durch einander rollen. In etwas grösseren Gefässen sieht man mit voller Deutlichkeit, dass die rothen Blutkörperchen sich in der Mitte des Gefässes strömen, ohne dass eines die Wand berührt; andere jener schleichen langsam rollend weisse Blutkörperchen in einer farblosen Plasmaschicht hin. Es erscheint die Strömung in der Axe des Gefässes lebhafter, als an den Wandungen; man unterscheidet danach einen rasch fliessenden Axenstrom und einen langsameren Wandstrom. Man ist, wie unten gezeigt werden soll, auch im Stande, den Blutlauf in den Kapillaren der eigenen Haut zu beobachten. — Der Durchmesser der Kapillaren beträgt durchschnittlich etwa 0,02 — 0,008 mm, bei den engsten nur 0,005 mm. C. HÜTER beobachtete am Menschen den Blutkreislauf mit dem Mikroskop an der inneren Schleimhautfläche der Unterlippe: Cheilo-angioscopie.

MALPIGHI war der Erste, welcher das Strömen des Blutes in den Kapillaren direct beobachtete und damit die Entdeckung des Blutkreislaufes vollendete.

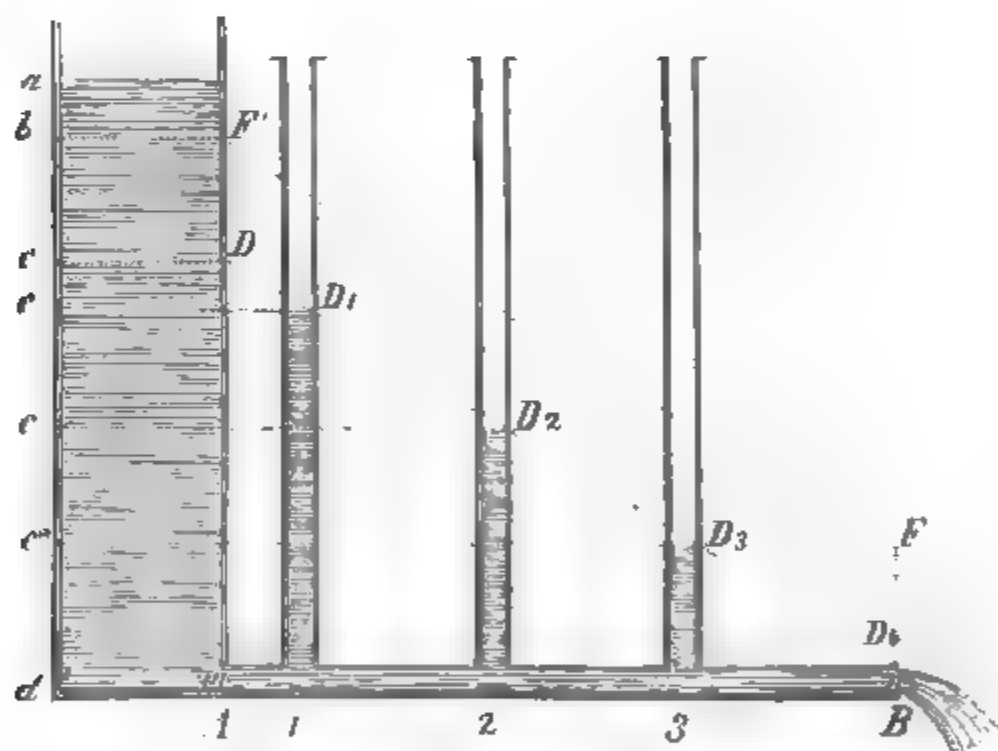
### Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren.

Die Gesetze der Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren, soweit sie für die Physiologie von Bedeutung sind, ergeben sich aus den Untersuchungen von E. H. WEZEL, V. JACOBSON, POISEUILLE u. A.; wir setzen sie als aus der Physik bekannt voraus.

Eine Reihe von Erscheinungen treten bei continuirlichem Strome, wie in den Blutgefäßen findet, im elastischen Rohre ebenso wie in einem starrwandigen. Unter einem gleichbleibenden Druck, wie er annähernd in den kleinen Arterien, Kapillaren und Venen herrscht, ist, abgesehen von der Eigencontraction der Gefäße und Kapillaren, die Wandausdehnung eine konstante. Man könnte, wenn man denselben Druck wie in den Kapillaren stellen würde, ohne eine wesentliche Veränderung der hydraulischen Verhältnisse, solche Röhren von der gleichen Weite an Stelle der elastischen eingesetzt denken. Auch in den Arterien können wir unter Umständen und für eine bedeutende Anzahl von Fragen periodischen Druckschwankungen absehen. Halten wir uns an den mittleren Druck, so gilt auch für sie das eben von den anderen Gefäßen Gesagte.

In einer cylindrischen Röhre von gleichbleibendem Caliber fließt bei gleichbleibender bewogender Kraft die Flüssigkeit durch jeden Querschnitt mit gleicher Geschwindigkeit. Mündet die Röhre frei an der Luft, so nimmt der Druck der Flüssigkeit  $D$  gegen die Wand ab, welche durch eingesetzte Manometer gemessen werden kann (Fig. 445  $D$ ,  $D_1$  —  $D_4$ ).

Fig. 445.



nüßig bis zu 0 = Atmosphärendruck ab. Gefälle. Die Druckhöhe in den Manometern ist die Summe der Widerstände entsprechend, welche der Strom der Flüssigkeit von der Stelle, an welcher das Manometer befestigt ist, bis zur freien Ausflusssstelle noch zu überwinden hat. Diese Widerstände gipfeln in der inneren Reibung der Flüssigkeit. POISEUILLE und JACOBSON constatirten, dass, analog den Beobachtungen am Blutstrom am Mikroskop, bei Röhren von einigen Millimetern Weite, aber auch bei Kapillaren, unter der Voraussetzung, dass die Rohrenwand von der strömenden Flüssigkeit benetzt wird, die Strömung nicht für alle Schichten der Flüssigkeit gleichmäßig vor sich geht. Denkt man sich die strömende Flüssigkeit in der Röhre um eine mittlere Axe in Cylinderschalen gelegt, so bewegt sich der Axenfaden am geschwindigsten, die ihn umlagernden Flüssigkeitsschichten von der Mitte der Röhre gegen die Wand zu mit abnehmender Geschwindigkeit. Die Flüssigkeitsschicht, welche die Wand benetzt, soll in vollkommener Ruhe verharren.

schieben sich also die Flüssigkeitstheilchen mit verschiedener Geschwindigkeit an einander vorbei, wobei ein beständiges Trennen und Losreissen der an einander vorbei passirenden Theilchen stattfindet, wozu Kraft verbraucht wird. Dieser Kraftverbrauch entspricht dem inneren Widerstand. Mit der grösseren oder geringeren Cohäsion (Zähigkeit) der Flüssigkeitstheilchen zu einander steigt und fällt der innere Widerstand, Erwärmung z. B. vermindert daher den letzteren. Die Weite der Röhre, die grössere oder geringere Geschwindigkeit der Strömung sind, wie sich a priori ergibt, ebenso von Einfluss auf den zu überwindenden Widerstand. Je weiter die Röhre, desto geringer, je rascher die Strömung, desto grösser der Widerstand. Bei einem konstanten Strom fliesst in der gleichen Zeit durch jeden Querschnitt der Röhre die gleiche Flüssigkeitsmenge. Hat die Röhre, wie bei der Blutbahn, an verschiedenen Stellen verschiedene Weite, so strömt die Flüssigkeit daher in den weiteren Abschnitten langsamer, in den engeren rascher, im Allgemeinen ist hiebei also die Stromgeschwindigkeit umgekehrt proportional der Querschnittsgrösse des betreffenden Röhrenabschnitts. Auch der Druck nimmt an diesen Differenzen entsprechenden Antheil.

Hat der Strom an verschiedenen Stellen ungleiche Geschwindigkeiten, so bezeichnet man seine mittlere Geschwindigkeit diejenige, welche an allen Stellen der Bahn gleichmässig herrschen müsste, wenn in der Zeiteinheit ebenso viel Flüssigkeit die Strombahn hindurchfließen sollte, als ihn, bei der ungleichen Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen, wirklich passiert. Das Maass der mittleren Geschwindigkeit ist die in der Zeiteinheit aus der Querschnittseinheit ausgeflossene Flüssigkeitsmenge. Die mittlere Geschwindigkeit ist der in der Zeiteinheit ausgeflossenen Flüssigkeitsmenge = Gesamtstromstärke einfach proportional. Um die mittlere Geschwindigkeit zu finden, dividirt man die in Volumeneinheiten ausgeflossene Flüssigkeitsmenge mit der Anzahl der Zeiteinheiten der Ausflusszeit und durch die Anzahl der Flächeneinheiten des Röhrenquerschnitts. Ist beispielsweise die in 10 Secunden ausgeflossene Flüssigkeitsmenge = 8000 Kubikmillimeter, der Röhrenquerschnitt = 4  $\square$  mm, so ist die mittlere Stromgeschwindigkeit = 200 mm in der Secunde.

Es erscheint die mittlere Geschwindigkeit als das Produkt aus drei Faktoren: Röhrenquerschnitt, Gefälle und einem, je nach der verschiedenen Natur der untersuchten Flüssigkeit wechselnden, für eine Flüssigkeit in bestimmtem Zustande konstanten Coefficienten. Dem oben angedeuteten Vorgang der inneren Reibung umgekehrt proportional. Die mittlere Geschwindigkeit ist für dieselbe Flüssigkeit in dem gleichen Zustande proportional dem Flächenraum des Röhrenquerschnitts und dem Gefälle: POISEUILLE'sches Gesetz.

JACOBSON hat mit einem sorgfältig gearbeiteten Apparat den Einfluss untersucht, den das Anfügen eines Zweigrohres an dem primären Ausflussrohr ausübt. Es ergibt sich, dass, wenn der Strom unter der Einwirkung des gleichbleibenden Druckes in der unverzweigten Röhre eine gleichmässige Geschwindigkeit angenommen hatte, diese Geschwindigkeit etwas vergrössert wurde, wenn man einen Seitenzweig zu dem primären Ausflussrohr eröffnete. Die vermehrte Geschwindigkeit gibt sich dadurch zu erkennen, dass aus den beiden Oeffnungen in der gleichen Zeit mehr Wasser ausfliesst, als aus der zuerst allein offenen einzigen. Der Winkel, unter welchem der Strom abgezweigt wird, übt keinen Einfluss auf diese Strombeschleunigung aus. Winkelbeugungen der Ausflussröhre zeigen überhaupt auf die Strombeschleunigung wenig Einwirkung. Krümmt man die zuerst geradgestreckte Ausflussröhre knieartig, so tritt nur ein geringer Verlust an Kraft und dadurch Verlangsamung des Stromes ein. Bildet der eine Zweigstrom die Verlängerung des Stammstromes, und geht der andere Zweig von der Hauptrichtung unter spitzem, rechtem oder stumpfem Winkel ab, so fliesst von der gesammten Wassermasse um so mehr durch den die Verlängerung des Stammstroms bildenden Stromzweig, je grösser der Winkel ist, unter welchem der andere Seitenstrom sich abzweigt. Das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Zweigströmen ist also nach der Grösse des Verzweigungswinkels ein verschiedenes. Nennen wir die Geschwindigkeit in dem Stromzweig, der die Hauptrichtung beibehält, =  $v_1$ , die in dem winkelig ab-

gehenden Stromzweig  $= v_2$ , so ist das Verhältniss  $\frac{v_2}{v_1}$  nach den Untersuchungen JACOBSON's für einen Abzweigungswinkel von  $30^\circ = 0,782$ , für  $45^\circ = 0,719$ , für  $90^\circ = 0,615$ , für  $135^\circ = 0,571$ , für  $150^\circ = 0,564$ .

POISEUILLE und GRAHAM haben den Einfluss, welchen die Cohäsion der Flüssigkeit auf die Strömungsgeschwindigkeit ausübt, näher untersucht. Sie fanden, dass wässrige Lösungen von alkalischen Salzen durch enge Röhren (Kapillaren) schneller fliessen, als Wasser, dagegen vermehren Zusätze von gewissen Säuren und Alkohol zum Wasser seinen inneren Reibungswiderstand. Die innere Reibung ist bei Serum etwa doppelt, bei Blut etwa sechs mal so gross, als bei Wasser. In Krankheiten, bei welchen z. B. durch Abnahme des Wassergehaltes das Blut dickflüssiger wird, wird diese Grösse sich wesentlich ändern können und damit den Widerstand, die innere Reibung, vermehren oder im umgekehrten Falle vermindern, was auf die ganzen Circulationsverhältnisse von Einfluss sein wird.

Zur Berechnung hat man sich zu erinnern, dass der Umfang einer kreisrunden Röhre die den Durchmesser  $d$  hat  $= 3,14 d$  ist; der Querschnitt, das Lumen der Röhre, ist dann  $= \frac{3,14}{4} d^2$ . Das Gefälle  $D$  ist  $= h - f$ , d. h. derjenige Theil der gesamten Bewegungskraft der strömenden Flüssigkeit, welche durch die Gesamtwiderstände verbraucht wird. In unserer Fig. 445 ist die Bewegungskraft repräsentirt durch die Höhe  $bd$  der Flüssigkeit in dem Druckgefäss;  $bd = h$ ;  $bc = D$ ;  $cd = f$ ;  $h = f + D$ ;  $f =$  Geschwindigkeitshöhe,  $D =$  Widerstandshöhe.  $D$  (Druck) wird an den verschiedenen Röhrenstellen direct durch eingesetzte Manometer gemessen.

Für die Strömung durch Kapillarröhrchen fand POISEUILLE folgende Sätze:

Alles andere gleichgesetzt sind

- 1) die Ausflussmengen proportional den Drucken;
- 2) die zum Ausfluss gleicher Flüssigkeitsmengen nöthigen Zeiten proportional den Längen der Röhrchen;
- 3) dagegen verhalten sich die Produkte des Ausflusses wie die vierten Potenzen des Röhrchendurchmessers;
- 4) die Stromgeschwindigkeiten sind den Druckhöhen und Quadraten der Durchmesser direct, der Länge der Röhrchen umgekehrt proportional;
- 5) die Widerstände sind den Stromgeschwindigkeiten direct proportional.

### Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren.

Fliesst in einer elastischen Röhre ein Flüssigkeitsstrom unter konstantem Drucke, so stellt sich die Wandelasticität mit dem Drucke des Inhaltes bald ins Gleichgewicht gesetzt; die Ausdehnung der Wandung, der Querschnitt der Röhrenlichtung bleibt von da an konstant. Die Bedingungen der Flüssigkeitsbewegung sind die gleichen wie in starrwandigen Röhren. Anders verhält es sich, wenn der Druck in dem elastischen Rohre von Zeit zu Zeit dadurch unregelmässig gemacht wird, dass Flüssigkeit in die schon gefüllte Röhre mit einer bestimmten Kraft und Geschwindigkeit eingepresst wird. Es ist dieses der Fall, welcher sich bei elastischen, blutgefüllten Arterienröhren findet. Es entsteht durch das Einpressen eine durch das elastische Rohr hinschreitende Welle.

Diese Welle — Puls- oder Wellenbewegung der Arterien — zeigt eine Verschiedenheit von den Wellenbewegungen des Aethers, der Luft und eines ruhigen, grossen Wasserspiegels, der durch einen hereinfallenden Stein in Wellenkreisen bewegt wird. In den letztgenannten Fällen besteht die Welle nur in der Fortpflanzung eines Bewegungsvorganges, ohne dass bewegten materiellen Theilchen am Ende ihrer Bewegung ihren Ort verlassen hätten. Die Wellenbewegung erzeugt dort in sich geschlossene Kreisbewegungen der Flüssigkeitstheilchen. Die Wellenbewegung in unserem elastischen Rohre ist dagegen mit einer Ortsverrückung

bewegten Flüssigkeitstheilchen im Sinne der Wellenbewegung verbunden, sie ist nach der Bezeichnung E. H. WEBER's, dessen Studien über Wellenbewegung in jedem physikalischen Lehrbuche abgedruckt zu finden sind, eine *Bergwelle*. Nachdem die Welle den Schlauch durchlaufen hat und das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, sind die sämtlichen Flüssigkeitstheilchen nach der Richtung der Wellenbewegung um eine gewisse Strecke fortgeschoben. Den entgegengesetzten Vorgang nennt man *Thalwelle*. Doch ist die Vorwärtsbewegung, welche die Theilchen durch die Wellenbewegung erleiden, nur eine geringe, und die Fortpflanzung der Bewegung von einem Theilchen auf das nächstliegende Nachbartheilchen geschieht ebenso wie bei den erstgenannten Wellen. Es verläuft also die Welle durch die Flüssigkeit hin und dehnt die elastische Wandung in fortschreitender Weise aus, ohne dass wir uns vorstellen dürften, es entspräche diesem Fortschreiten der Welle ein ebenso grosses Fortschreiten der Flüssigkeitstheilchen. Letztere kehren, nachdem sie durch die Wellenbewegung aus ihrer Ruhelage gestossen wurden, zwar nicht vollkommen, aber nahezu wieder an ihre Stelle zurück.

Bei dem rhythmischen Einpressen in die schon gefüllte elastische Röhre wird die Welle durch fortgepflanzt, dass die Flüssigkeit die Röhrenwand in einer gewissen Strecke ausdehnt und spannt. Der gespannte Theil der Wand bewegt nun die Flüssigkeit vorwärts, indem er auf sie drückt und dadurch wieder eine Ausdehnung der nächst vorderen Abtheilung der Röhre hervorbringt, da ein Ausweichen der Flüssigkeit nach rückwärts (durch den Anschluss beider Arterien) ausgeschlossen ist. Die elastische Wand presst auf ihren zusammendrückbaren flüssigen Inhalt so, dass der Druck in der Richtung des Stromes vorrückt. Sie zwingt dadurch die Flüssigkeit, etwas nach vorwärts auszuweichen und das nachfolgende Röhrenstück auszudehnen. So läuft die Ausdehnung über die ganze elastische Röhre hin, wobei sich die hinter dem eben ausgedehnten liegenden Röhrenabschnitte wieder entspannen. Es ist daraus klar, dass die Ausdehnung, welche die Röhre durch das rhythmische Einpressen von Flüssigkeit erleidet, keine überall gleichzeitige sein kann. Die Welle bedarf einer messbaren Zeit, um sich über eine Röhre zu verbreiten. An einem sehr elastischen Rohre hat E. H. WEBER die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle zu 11472 mm in der Secunde gemessen. Grössere oder geringere Spannung beeinflusst, wenn das elastische Rohr nur überhaupt mit Flüssigkeit gespannt ist, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur wenig. Bergwellen und Thalwellen scheinen mit derselben Geschwindigkeit fortzuschreiten. Die Verschiedenheit der Kraft, mit welcher die Welle erzeugt wurde, scheint ebenso wenig ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu beeinflussen. Bei Drucksteigerung verlängern und erweitern sich elastische Röhren, die Verlängerung ist etwa um 6 mal kleiner, als die Erweiterung. Bei starker Spannung der Röhre verschwindet die Wellenbewegung schneller, als bei schwacher Spannung. In mit Wasser mässig gefüllten Därmen sieht man mit blossen Auge die langsamen Wellen entstehen, reflectirt werden, Interferenzen bilden etc. Schaltet man an einer Stelle ein gleiches Glasrohr ein und hat man in der Flüssigkeit Staubtheilchen (Kohle) suspendirt, so kann man an ihnen die Bewegung der die Stelle bildenden Wassertheilchen studiren. Man kann über nicht ohne Weiteres die an Därmen beobachteten Erscheinungen auf die wesentlich anders gebauten Arterien übertragen.

**Weber's Kreislaufschema.** — Eigenthümlich werden die Bewegungsverhältnisse der Flüssigkeiten in einem geschlossenen elastischen Röhrencirkel, in welchem wie bei dem natürlichen Kreislaufe an einer Stelle ein grosser Widerstand gegen die Bewegung, an einer anderen ein Pumpwerk angebracht ist, welches aus dem einen Röhrenabschnitt in regelmäßigem Rhythmus Flüssigkeit herausschöpft, um sie in den anderen Abschnitt des Röhrencirkels einzupressen.

E. H. WEBER hat diese Versuchsbedingungen in seinem Kreislaufschema verwirklicht. Das Pumpwerk ist eine elastische Röhre, an deren beiden Enden Darmstücke in der Weise der Herzklappen mit Fäden befestigt sind, so dass sie die Flüssigkeitsbewegung, die durch Kompression der elastischen Röhre hervorgebracht wird, nur in einer Richtung gestatten. Mit diesem künstlichen Herzen steht ein elastischer Röhrencirkel in Verbindung, in



dessen Mitte, dem Herzen entgegengesetzt, ein Schwamm eingeschoben ist, der den Strom an das Vielfältigste verzweigt und dadurch eine Analogie mit dem Kapillarsysteme herstellt. Setzen wir die Pumpe in Thätigkeit, nachdem das ganze Röhrensystem unter einem bestimmten Drucke gefüllt wurde, der in allen Röhrenabschnitten überall die gleiche Druckgrösse hervorbrachte, so sehen wir nun Druckschwankungen in dem Systeme eintreten. In jenem Abschnitt desselben, welchem eine bestimmte Flüssigkeitsmenge entzogen wurde, sinkt der Druck; in dem anderen, dem sie zugeführt wurde, sehen wir ihn dagegen entsprechend steigen. Zunächst erweitert sich unter dem ansteigenden Druck das Anfangsstück der Röhre und die Flüssigkeit fliesst hier mit grösserer Geschwindigkeit. Lassen wir die Pumpe nach dieser ersten Bewegung ruhen, so wird sich langsam die Gleichheit des Druckes wieder herstellen, indem ebenso viel Flüssigkeit durch die Lücken des Schwammes in den Röhrentheil, in welchem ein geringerer Druck herrscht, zurückströmt, als aus diesem entzogen war. Wiederholen wir aber das Pumpen früher, als der Druck sich ausgeglichen hat, früher also, als ein Aequivalent der ausgepumpten Flüssigkeitsmenge den Schwamm durchsetzen konnte, so wird die Druckdifferenz in beiden Abschnitten im gleichen Sinne noch gesteigert. Der erhöhte Druck muss nun die Flüssigkeitsbewegung in dem ganzen Systeme beschleunigen. Lassen wir das Pumpen rasch, mit gleicher Kraft, rhythmisch erfolgen, so dass jede Pumpenbewegung eine gleiche Flüssigkeitsmenge überpumpt, so muss ein Zeitpunkt eintreten, in welchem der Druck in dem zweiten Abschnitte genau so hoch gesteigert ist, dass in der Ruhepause der Pumpe ebenso viel Flüssigkeit aus diesem Abschnitt in den ersten zurückströmt, als diesem durch eine Pumpenbewegung entzogen wurde. Nun haben wir in dem Systeme einen konstanten Strom, welcher der Blutbewegung analog ist, hervorgebracht, und zwar durch den gesteigerten Druck in dem zweiten Röhrenabschnitte, der dem arteriellen Systeme des Blutkreises entspricht. Dem hohen Drucke in diesem (dem arteriellen) correspondirt ein entsprechend geringer in dem anderen (venösen) Röhrensystemtheile. Der Druck wechselt dabei in den weiten Röhrenabschnitten natürlich beständig etwas, er nimmt auf der einen Seite während der Pumpenbewegung zu, während ihrer Ruhe ab, umgekehrt verhält er sich auf der anderen Seite des Systems.

### Die Blutbewegung.

Nach den Vorgängen, wie sie bei dem Strömen von Flüssigkeiten in starren und elastischen Röhren eintreten, erklären sich die Erscheinungen bei Beobachtung des Kreislaufs unter dem Mikroskop, ebenso der grösste Theil der Bewegungen des Blutes in den weiteren Gefässen. Die Langsamkeit des Wandstromes in den Kapillaren entspricht vollkommen dem, was wir über die Flüssigkeitsbewegung in engen Röhren auch sonst beobachten. Warum die specifisch leichteren weissen Blutkörperchen im Randstrom schwimmen, ist dagegen nicht geklärt. E. H. WEBER hat mit Hülfe der weissen Blutkörperchen die Geschwindigkeit des Wandstromes in den Kapillaren des Frosches gemessen, er fand sie niemals zehnmal geringer, als die des Axenstromes, im Mittel in zwei Beobachtungsreihen zwischen 0,032 und 0,059 mm in der Secunde. Das Rollen der fließenden Blutkörperchen auf ihrer Bahn zeigt uns eine directe Wirkung der verschiedenen Geschwindigkeit in den concentrischen Flüssigkeitsschichten des Gefässes.

Die Blutgefässe mit dem Herzen bilden ein in sich geschlossenes System elastischer, jedoch mit eigener Contractilität begabter Röhren. Wenn die Gesamtmasse des Blutes in dem Gefässsystem gleichmässig vertheilt ist, so steht, wie man behauptet, das Blut immer noch unter einem gewissen, geringen Druck, der beweist, dass die Blutmenge etwas grösser ist, als dem natürlichen Gesamt-Gefässlumen entspricht; die Gefässwände werden etwas ausgedehnt.



em Systeme gefüllter elastischer Röhren wird nun dadurch ein Druck-  
 chied an verschiedenen Stellen hervorgebracht, dass durch das Herz in  
 nen Röhrenabschnitt eine bestimmte Flüssigkeitsmenge eingepresst wird,  
 s einem anderen Röhrenabschnitt entnommen wurde. Die elastischen  
 e des Systemes reichen für sich aus, diese Ungleichmässigkeit der  
 gkeitsvertheilung und damit den Druckunterschied wieder auszugleichen.  
 er stärker gespannten Stelle entsteht eine Strömung zu der weniger ge-  
 len, bis die Ausgleichung geschehen ist. Es leuchtet ein, dass diese Strö-  
 um so langsamer gehen muss, je grösser die Widerstände sind, die der  
 gkeitsbewegung entgegenstehen. In einem Systeme gleichmässig weiter  
 n wird sie viel rascher geschehen, als in dem Blutgefässsystem, in wel-  
 zwischen den relativ weiten Gefässen eine grosse Anzahl sehr enger, be-  
 nden Widerstand bietender Haarröhrchen eingeschaltet sind. An dem  
 eiben der Blutmasse betheiligt sich nach den Entdeckungen A. v. BEZOLD's  
 auch die Contractilität wenigstens der engeren Arterienzweige,  
 e das Blut aktiv in die Kapillarverzweigungen einpresst.

Man darf sich, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, die Herzbewe-  
 nicht als den alleinigen Grund des Blutlaufes in den Gefässen vorstellen.  
 mikroskopische Beobachtung zeigte uns schon, dass zu einem Durchpressen  
 lutes durch die Adern die Pumpkraft des Herzens offenbar nicht ausreicht.  
 n kleinsten Gefässen, in Arterien, Venen und Kapillaren findet sich näm-  
 in konstanter, gleichmässiger Strom, der nicht mehr von der Herzbewe-  
 rhythmisch beschleunigt wird, auch in den grösseren Venen sehen wir  
 lbe. Anders ist es in den grösseren Arterien, in denen wir die rhythmische  
 chwankung durch die Herzcontractionen beobachteten. Es liegt auf der  
 , dass, wenn die Herzpulsation der alleinige Grund der Blutbewegung  
 diese in allen Gefässen, nicht nur in den Arterien, einen rhythmischen  
 kter entsprechend der rhythmischen Herzbewegung besitzen müsste. Die  
 che der Blutbewegung ist in Wahrheit im letzten Grunde  
 t sowohl in der Herzcontraction, sondern in dem bedeu-  
 en Druckunterschiede zu suchen, der sich, abgesehen von  
 ktiven Arteriencontractilität v. BEZOLD's, in Folge des beständigen Ein-  
 ens von Flüssigkeit aus der venösen in die arterielle Hälfte des Gefäss-  
 nes, zwischen den Venen und Arterien zu Gunsten der  
 eren findet. Man hat diesen Druckunterschied in den Gefässen direct  
 amt. Man kann denselben schon durch das Betasten der Gefässe beurthei-  
 wobei sich die Arterien prall gefüllt, die Venen schlaff anfühlen. Wenn  
 eine Oeffnung in eine grössere Arterie macht, so spritzt das in ihr unter  
 n Druck befindliche Blut in mächtigem, mehrere Fuss hohem Strahle her-  
 während es aus den Venen nur herausfliesst ohne nennenswerthe Steigung.  
 ndet man mit einer Oeffnung in der Gefässwand ein Rohr (Manometer), so  
 man, wie die Hydraulik lehrt, aus dem Steigen der Flüssigkeit in der  
 den Druck erkennen, der in dem Gefässe herrscht. Lässt man das Blut  
 in das senkrechte Manometerrohr hereinsteigen, so erreicht es darin eine  
 itende Höhe, die man messen kann. HALES hat die ersten Bestimmungen  
 rt ausgeführt. Er band eine Glasröhre in eine Arterie und mass die Höhe,  
 i welcher das Blut in der senkrecht stehenden Röhre anstieg. Beim Pferde

betrug die Ansteigung 2,5 — 3,4 und mehr Meter. Gewöhnlich benutzt man *Haemodynamometer* ein Quecksilbermanometer und lässt die Quecksilbersäule desselben durch das Einströmen des Blutes heben. Man misst dann unter dem Blutdruck zu Stande gekommene Quecksilbersäulenerhebung und bezeichnet sie als Blutdruck in Millimetern Quecksilber (*Poiseuille*). In den Arterien ist der Blutdruck, da die Widerstände in den weiteren Röhren, die in den Kapillaren fast verschwinden, überall sehr ähnlich, doch wird selbstverständlich gegen die Zweige zu geringer. In der Aorta schätzt man den Blutdruck zu 250 mm Quecksilber = 3 m Blut. Der Blutdruck nimmt *Volkmann* in den Arterien vom Herzen abwärts stetig ab. In der *Arteria brachialis* des Menschen hat ihn *Faivre* zu 110 — 120 mm Quecksilber bestimmt. Durch Multiplikation der Quecksilbersäulenerhebung mit etwa 13 erhält man den Druck ausgedrückt in Blutsäulenhöhe. Der mittlere Druck trägt nach *Poiseuille*, *Volkmann*, *Ludwig* u. v. A. beim Pferd 280, Hund 180, Kaninchen 70 — 100 mm Quecksilber in der Carotis und Cruralis. Bei Fischen fand man 18 — 40, bei Fröschen 25 mm in den zugänglichen Arterien. In den Kapillaren lässt er sich nicht direct messen, er wird sich nach der veränderlichen Weite der Kapillaren verändern können. Er steigt und fällt in ihnen dem allgemeinen Blutdruck, ist aber jedenfalls immer nur sehr gering. *Bourgin* fand den Druck in der Lungenarterie etwa dreimal geringer, als in der Aorta. In den Venen dagegen ist er noch viel kleiner, in den grossen, dem Herzen sich nähernden wird er = 0, endlich sogar negativ.

Dieser bedeutende Druckunterschied ist für sich im Stande, den Blutstrom aus den Arterien in die Venen durch das Kapillarsystem hindurch noch zu erhalten, wenn das Herz plötzlich seine Thätigkeit einstellt, z. B. auf Veranlassung. Nach und nach erst stellt sich ein zwar nie vollkommenes, aber näherndes Gleichgewicht des Druckes in den beiden Gefässabschnitten ein, die Blutbewegung hört auf. Beginnt das Herz nun seine Thätigkeit nach getretener Ruhe wieder, so wird dadurch der Kreislauf in alter Weise

recontraction verursacht, in einen continuirlichen Strom um, wie er den Bedürfnissen des höheren animalen Organismus und seiner Gewebe entspricht, welchen ohne Störung ihrer Functionen keinen Augenblick die Blutbewegung unterbrochen werden darf. E. H. WEBER vergleicht die Arterien mit der Windlade einer Orgel, welche die Aufgabe hat, die von den Bälgen in sie eingepumpte Luft in sich anzuhäufen und diese dann unter einem hohen und gleichmässigen Druck in alle mit ihr in Verbindung stehenden Pfeifen einzupressen. Während der Systole der Kammer steigt der Druck in den Arterien an, während der Diastole sinkt er. Diese Schwankungen werden um so geringer, je kleiner die Arterien und je grösser die Pulszahlen sind.

Die Menge des Blutes, welche eine Systole überpumpt, hat man nach verschiedenen Methoden zu etwa 150 — 190 Gramm bestimmt. Directe Ausmessungen des Inhaltes des todten Ventrikels haben für diese Bestimmung keinen Werth, da man dabei die normale Spannung der Herzwände nicht einzuschätzen annähernd nachzuahmen vermag. VOLKMANN berechnet die Blutmenge, welche in der Minute aus dem Ventrikel strömt, aus der Geschwindigkeit des Blutstromes in der Aorta und dem Querschnitte ihres Lumens, und berechnet so gefundene Menge auf die Zeit eines Herzpulses. Die Rechnung ergab ihm  $\frac{1}{400}$  des Körpergewichtes, was den oben angeführten Zahlen entspricht. VIERORDT berechnet diesen Werth für die linke Kammer zu 180 Gramm Blut. Dieselbe Blutmenge wird in der gleichen Zeit vom rechten Herzen in die Lungenarterie, sowie vom Arteriensystem des grossen Kreislaufs in das Venensystem eingeführt (cf. unten), da ja die Blutbewegung eine continuirliche ist.

Nach VIERORDT, ED. HOFMANN u. A. steigt der arterielle Blutdruck von der Geburt bis ins erwachsene Alter beträchtlich an. Letzterer fand, dass selbst grosse Arterien, z. B. die Carotiden, wenn sie bei neugeborenen Thieren durchgeschnitten werden, nicht spritzen, sondern nur stossweise sprudeln. Für Menschen gibt VIERORDT folgende Mittelwerthe des arteriellen Blutdrucks:

Neugeborener . . . .	111 mm Quecksilber
Dreijähriger . . . .	138 -
Vierzehnjähriger . . . .	174 -
Erwachsener . . . .	200 -

Im späteren Alter nimmt der Blutdruck der relativen Erweiterung der arteriellen Blutbahn entsprechend wieder zu. Je nach der relativen Weite der Arterien ist der Blutdruck in verschiedenen Gefässprovinzen desselben Individuums verschieden (BENEKE), cf. unten.

**Ärztliche Bemerkungen.** — Durch Reizung der Magenwand sahen S. MAYER und A. PIRBRAM den arteriellen Blutdruck bei Hunden steigen, bedeutender nach Durchschneidung der Vagi; es erfolgt diese Steigerung durch reflectorische Verengerung der grossen Arterien. LOVÉN stellte dasselbe für die Reizung der sensiblen Hautnerve fest.

**Die Blutentziehung.** Die Spannung in dem Gefässsysteme steht nach dem Gesagten unter dem Einflusse der Häufigkeit und Stärke der Herzbewegung. Je mehr und je rascher die Blut in die Arterien einpresst, desto grösser muss der Druck werden, um in der gleichen Zeit diese grösseren Blutmengen oder die gleichen Blutmengen in kürzerer Zeit in die Kapillaren zu pressen. Im Allgemeinen steigt und sinkt der Druck auch mit der Zunahme oder Abnahme der Gesamtblutmenge, wie die für den Arzt sehr wichtigen Bestimmungen

des Blutdrucks unter der Wirkung des Aderlasses ergaben, welche ein mögliches Sinken des Blutdrucks bis unter die Hälfte der anfänglich beobachteten Höhe erkennen lassen. An die Geschwindigkeit der Blutbewegung nimmt dabei nach VOLKMANN's Bestimmungen ab. Diese Abnahme der Blutgeschwindigkeit ist in der Abschwächung der Herzkraft z. Thl. durch den eingetretenen Blutmangel begründet, unter welchem die normale Thätigkeit aller Organe leidet. Das Herz pumpt weniger energisch, presst bei der Systole weniger Blut in die Arterien ein, der Druck im Arterienrohr muss dadurch sinken und dadurch wieder die Blutgeschwindigkeit, die ja von jenem direct bedingt wird. Nach der Blutentziehung sehen wir nach kurzer Zeit (am Haematodynamometer) den Druck wieder zunehmen. Nach der Blutentziehung sinkt die Sauerstoffaufnahme regelmässig (VOIT, RAUBER und J. BAUER), dagegen schwanken die Resultate über die Kohlensäureabgabe, BAUER will sie vermehrt gefunden haben, während RAUBER keine konstante Aenderung finden konnte. Eine chemische Untersuchung des Blutes nach starken Aderlässen ergibt konstant eine nicht unbeträchtliche, procentische Wassernahme desselben. Aus beiden Thatsachen muss man schliessen, dass nach der Blutentziehung eine Aufsaugung von Flüssigkeit aus den Geweben in das Blut stattfindet, und zwar mit dieser aufgesaugte Flüssigkeit einen ziemlich geringen Procentgehalt an festen Stoffen hat. Diese gesteigerte Resorption beweisen auch Versuche, welche zeigen, dass unter die Haut in Wunden gebrachte giftige Flüssigkeiten durch einen Aderlass in ihren Wirkungen auf den Organismus beschleunigt werden können. Damit mag es zusammenhängen, dass VOIT und BAUER die Harnstoffmenge (den Eiweissumsatz) nach reichlichen Blutentziehungen bei Hunden steigen sehen. Auffallend ist es, wie selbst geringere Blutentziehungen die Temperatur des Organismus herabsetzen, und wie rasch durch sie ein Nachlassen der normalen Muskelkraft nicht nur des Herzens, sondern auch der Stammmuskulatur erfolgt, wie die Schwächezustände, Zittern, Ohnmachten zeigen, die in ihrem Gefolge sich einstellen. Noch früher als die der Muskeln leidet durch grössere Blutverluste die Thätigkeit der grossen Drüsen, Leber und Nieren stellen ihre Sekretion bald ganz ein (J. RANKE). Es leuchtet daher, dass die Therapie in der Blutentziehung ein wichtiges, in neuerer Zeit mit Unrecht unterschätztes Mittel besitzt, die Organfunctionen zu beeinflussen.

### Die Herzarbeit.

DANIEL BERNOULLI und nach ihm J. R. MAYER, der Entdecker des Gesetzes der Erhaltung der Kraft, haben zuerst nach richtigen Principien die Herzarbeit berechnet. Man kann die hier wirksam werdende Kraft in Kilogrammmetern ausdrücken, d. h. angeben, wie viel Kilogramme durch sie in einer gegebenen Zeit bis zu 1 m Höhe gehoben werden können, wenn wir die Blutmenge und den Druck kennen, unter welchem letztere in derselben Zeit aus dem Herzen ausströmt. Wir machen dabei die Voraussetzung, dass die Herzcontraction die alleinige Kraftursache sei, welche das Blut austreibt. Sicher ist auch die Wirkung der elastischen Kräfte der Kammern und Vorkammern gegen die der Contraction so sehr in den Hintergrund, dass wir erstere getrost vernachlässigen können.

Berechnen wir zuerst die Arbeit des linken Ventrikels. Nach VOLKMANN beträgt die Menge der während einer Systole aus jeder Herzkammer ausgetriebene Blutmenge, wie wir schon angegeben haben, 0,188 Kilogramm. Der mittlere Blutdruck in der Aorta beträgt etwa 250 mm Quecksilberdruck, was einer Blutsäule von 3,24 m (DONDERS) entspricht. Die gesuchte Grösse ist nun für jede Systole  $0,188 \times 3,24$  Kilogrammometer = 0,604 Kilogrammometer. Auf die Minute kommen im Durchschnitt 75 Herzcontractionen, so berechnet sich die

beitsleistung des linken Herzens allein auf 64800 Kilogrammometer in einem Tage. Da der Blutdruck in der Pulmonalis etwa dreimal schwächer ist, als in der Aorta, so ist die Arbeitsleistung des rechten Herzens in gleicher Zeit nur der dritte Theil der von dem linken Herzen ausgeübten. Sie beträgt also in einem Tage etwa: 21900 Kilogrammometer. Mit anderen Worten: die Arbeit des rechten Herzens würde in einem Tage im Stande sein, 86700 Kilogramme einen Meter hoch zu heben oder, was dasselbe ist, ein Kilogramm 86700 m hoch. Wie gross diese Arbeitsleistung ist, wird erst recht anschaulich, wenn wir weiter unten erfahren, dass die grösste Arbeitsleistung eines Arbeiters im Tage (8 Arbeitsstunden) nur etwa 320000 Kilogrammometer beträgt, also noch nicht viermal mehr, als die Herzarbeit allein. Die gesammte Herzarbeit wird durch die Widerstände im Gefässsystem, durch die innere Reibung verbraucht, d. h. in Wärme verwandelt. Mit der geringeren Arbeitsleistung steht die geringere Muskelkraft des rechten Herzens in Beziehung.

VIERORDT legt seine auf anderem Wege berechneten etwas kleineren Zahlen seiner Berechnung der Herzarbeit zu Grunde und kommt somit zu etwas kleineren Werthen. Er berechnet den Nutzeffekt der linken Kammer zu 0,54 Kilogrammometer in der Secunde.

BLASIUS fand am Froschherzen, dass gesteigerter arterieller Druck zuerst den Nutzeffekt der Herzarbeit bis zu einem Maximum steigert, von dem derselbe dann absinkt. CYON fand, dass die Arbeitsgrösse der einzelnen Herzcontraction des Froschherzens von 0°—80° C. etwa gleich bleibt, von hier aber mit steigender Temperatur sinkt. Da die Herzcontractionen mit der Temperatur an Häufigkeit zunehmen, so sah BLASIUS das Absinken der Arbeit der einzelnen Contraction bei steigender Temperatur zuerst übercompensirt durch die zunehmende Häufigkeit der Herzcontractionen bis zu einem Maximum, von dem an die Veränderung der Herzarbeit durch die steigende Temperatur auch auf dieselbe Zeit bezogen erwägt.

### Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Gefässen.

Man hat nach verschiedenen exakten Methoden die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Blutgefässen direct bestimmt. In der Carotis grösserer Säugethiere durchläuft das Blut in der Secunde eine Wegstrecke von ca. 0,3 m. Bei dem Kalbe ergeben die Versuche ca. 232, bei dem Hunde 264, bei dem Pferde 300 mm (VIERORDT). Gegen die Kapillarausbreitung nimmt die Blutgeschwindigkeit mehr und mehr ab, in den Kapillaren selbst beträgt die Stromgeschwindigkeit des Axenstromes beim Frosch etwa 0,5 mm (E. H. WEBER), bei Säugethiern 0,8 mm in der Secunde. In der Metatarsen des Pferdes bestimmte REHMANN diese Grösse noch zu 56 mm. In den grösseren Venen ist die Geschwindigkeit um 0,5—0,75 mal kleiner, als in den ihnen entsprechenden Arterien.

Der Grund dafür, dass in den engeren Arterien das Blut langsamer, am langsamsten in den Kapillaren fliesst, dass die Geschwindigkeit dagegen in den Arterien in der Richtung von den Zweigen gegen die Stämme grösser wird, liegt in der Veränderung der Weite des Blutstrombettes. Es ist, wie oben gesagt, leicht nachzuweisen, dass bei der Theilung der kleineren Arterien zwar die einzelnen Aeste enger sind, als der Stamm, dass aber die Summe der Querschnitte der Aeste fast ausnahmslos grösser ist, als der Querschnitt des Stammes. Es erweitert sich also mit der Verästelung das arterielle Blutstrombett mehr

und mehr, der weiteste Abschnitt des Gesamtquerschnittes der Blutbahn der, in welchem sich die engsten Gefässe finden, die Kapillarstrecke. G analog ist die Verzweigung der Venen, so dass die Blutmasse, die von Kapillaren herkommt, in ein enger und enger werdendes Bette eingedrückt wird. Die Stromgeschwindigkeiten in den in ihrem Lumen vereinigt gedachten Gefässabschnitten: Stämme, Aeste, Zweige, Kapillaren verhalten sich nach Gesetzen der Flüssigkeitsbewegung in Röhren von verschiedenem Querschnitt umgekehrt, wie die Querschnittsgrössen des Gesamtlumens.

Obwohl das Blut stossweise aus dem Herzen in die Arterien eingepresst wird, so ist doch auch in ihnen (nach den oben dargelegten Gesetzen der Flüssigkeitsbewegung in dem WEBER'schen Kreislaufsschema) die Strömung ununterbrochene, jedoch mit stossweiser Beschleunigung. Jede Kammererregung steigert nach VIRROUD die Geschwindigkeit in den grösseren Arterien um 30 %. Dieser Einfluss der Kammerystole nimmt, wie die Gefässe des Peripheriums und der Spannungszuwachs des Blutes, ebenfalls wegen der Erweiterung des Strombettes, gegen die Arterienzweige zu mehr und mehr ab, um je nach Stärke der Herzaktion in den peripherischen Arterien früher oder später Grenze zu finden. In den Kapillaren fliesst daher das Blut gleichmässig ohne pulsatorische Veränderung der Geschwindigkeit. Auch in den Venen ist im Allgemeinen der Blutstrom ein continuirlicher sein, doch macht sich in ihnen eine Reihe von accessorischen Einflüssen geltend, die unten mit der Beschreibung der Athembewegungen gemeinschaftlich besprochen werden sollen.

Betrachten wir die einzelnen Gefässe, welche zu einem Gesamtquerschnitt des Systems gehören, so müssen auch hier die Blutgeschwindigkeiten verschiedene sein, denn die Widerstände in einem oder dem anderen grösser oder geringer sind. Wir wissen, dass der Widerstand wächst mit der abnehmenden Weite der Röhren, dass die Geschwindigkeiten in den Zweigströmen nach den verschiedenen Verzweigungswinkeln verschieden sind, dass knieförmige Biegung der Röhren den Strom etwas verlangsamt.

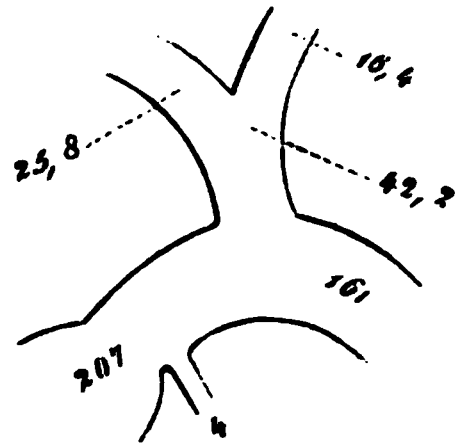
Nach der Durchschneidung der Gefässnerven, nach der Reizung der motorischen





irde durch das genannte Aortenstück in einer Secunde 429 cc Blut fliessen, die Windigkeit im Arcus Aortae ist aber etwa um  $\frac{1}{4}$  grösser, die Durchflussmenge also . Rechnet man dazu die 42 cc der Anonyma und ir die Coronariae cordis, so erhält man 207 cc = 249 n Blut, welche in 1 Secunde aus der linken Herzkammer rieben werden. Da auf 1 Secunde 1,2 Systolen tref- so treibt jede Systole 172 cc = 180 Gramm Blut aus RDT).

Fig. 146.



#### Methoden zur Bestimmung der Blutgeschwindigkeit.

MAN konstruierte zur Messung der Stromgeschwindigkeit in Gefässen das Haemodrometer, es ist eine mit Wasser gefüllte, U-förmig gebogene Glasröhre von bekannter Länge und Querschnitt, die man durch einen in die Arterie eingebundenen, luftdichten durchbohrten Hahn, der die Blutströmung zuerst in der einen Richtung gestattet, plötzlich in den Strom der umgekehrten Richtung schalten kann. Mit der Uhr bestimmt man die Zeit, in welcher alles Wasser aus der Röhre durch Blut verdrängt ist. Eine längere und vergleichende Beobachtung an derselben Arterie gestattet Ludwig's Stromuhr. Zwei kugelige Glasgefässe von bekannten Volumen, die man durch zweckmässige Hahneinrichtung sich abwechselnd füllen lassen, während einmal die Flüssigkeit, welche zur Füllung des einen diente (Öl), in das andere hinübergepumpt wird. Das Instrument erlaubt durch Verbindung mit Druckmessern etc. eine sehr genaue Untersuchung der Circulationsverhältnisse. VIERORDT bestimmt die Blutgeschwindigkeit aus dem Ausschlag eines in das strömende Blut gehängten Pendelchens: Stomatometer, in analoger Weise, wie man die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in Flüssen misst. Der Apparat besteht aus einem primär mit Wasser gefüllten messingnen Gefäss mit parallelen Glaswänden, das in die Strombahn eingeschaltet wird. Ein an der einen Mündung senkrecht herabhängendes Pendelchen wird vom Blutstrom abgelenkt und um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit ist. Das Pendel endet in ein silbernes Kugelhchen, welches jederseits mit einer feinen Spitze die Seitenglaswand möglichst ohne Reibung berührt. Die Spitzen lassen durch die sonst undurchsichtige Blutschicht die Pendelbewegung erkennen. Jede Kammersystole vermehrt die Ablenkung, so dass mit dem Apparat die Pulszahlen abgelesen werden können. An einem aussen an der Seite angebrachten Skalenbogen liest man die Pendellexkursionen ab, welche die Anhaltspunkte zur Berechnung der abströmenden Flüssigkeitsmenge liefern.

#### Die Kreislaufszeit.

HERING D. A. hat zuerst Versuche gemacht, die Zeit zu bestimmen, welche Bluttheilchen braucht, um den ganzen Umlauf zu vollenden, um also z. B. die Vena jugularis externa der einen Seite in das rechte Herz, Lunge, linkes Herz und durch die Aortenverzweigungen, Kapillaren, Venen zur Jugularis der anderen Seite zu fliessen. Er spritzte eine Lösung des chemisch leicht nachweisbaren Salzes: Ferrocyankalium in die eine Vene, z. B. Jugularis, ein und wartete von dem Augenblick des Einspritzens an von je 5 zu 5 Sekunden das Blut der angestochenen gleichnamigen Vene der anderen Körperseite austropfende.

In 4 Minute bekam er so 12 Blutproben, deren Serum er mittelst Eisenid auf die Anwesenheit von Ferrocyankalium prüfen konnte, diejenige Probe, welche die erste Bläuung durch gebildetes Berlinerblau zeigte, gab die Zeit eines Kreislaufs an, die Zeit, welche die eingespritzte Flüssigkeitsmenge

gebraucht hatte, den Weg durch die Kreislaufsorgane zurückzulegen. VIERORDT hat mit einer, bezüglich der Zeitbestimmung verschärften Methode diese Versuche fortgesetzt. Die durchschnittliche Dauer eines Blutumlaufes beträgt nach HERING beim Pferde 34,5 Secunden, nach VIERORDT bei jungen Eichhörnchen 4,39, Katze 6,69, Igel 7,64, Kaninchen 7,79, Hund 16,7, Huhn 5,47, Bussard 6,73, Enten 10,64, Gans 10,86 Secunden. Beim Menschen berechnet VIERORDT zu 23 Secunden.

Man hat der Methode zum Vorwurf machen wollen, dass die Länge der verschiedenen Blutbahnen, welche dem eingespritzten Salze offen stehen, sehr verschieden seien, dass man nicht wisse, welcher derselben eingeschlagen wurde. VIERORDT hat die aus dem Einschießen verschiedener Bahnen hervorgehenden Zeitdifferenzen direct gemessen. Er fing das Blut aus zwei verschiedenen Venen auf, der Jugularis und Cruralis, und injicirte die Probe gleichzeitig aus zwei verschiedenen Venen auf, der Jugularis und Cruralis, und injicirte in die Jugularis der anderen Seite. Bei dem Hunde betrug die Kreislaufszeit zwischen den Jugularvenen 16,82, zwischen Jugularis und Cruralvene 18,08, die Differenz ist also nur geringe = 100%. VIERORDT erklärt diese nahe Uebereinstimmung dadurch, dass in den kleinen Gefässen und namentlich in den Kapillaren das Fliessen am langsamsten erfolgt, diese Verlangsamung ist aber allen Bahnen gemeinsam, während es bei der bedeutenden Blutgeschwindigkeit in den grossen Gefässen ziemlich gleichgiltig ist, ob ein Theil dem Herzen nah oder fern ist, ob diese rasch durchlaufene Strecke etwas länger oder kürzer ist. Im Allgemeinen bestätigt dieser Versuch die a priori schon wahrscheinliche Meinung, dass die zuerst nachweisbaren Spuren des Ferrocyankaliums den Kreislauf auf dem kürzesten offenstehenden Weg zurückgelegt haben.

Aus dieser kurzen Zeit, welche zur Vollendung eines Kreislaufs erforderlich ist, erklärt sich die fast momentane Wirkung mancher direct ins Blut gebrachter (eingespritzter) Gifte, z. B. der Blausäure, der Strychninlösung.

Die Schwankungen in der mittleren Kreislaufszeit hängen bei demselben Thiere zunächst ab von der Zahl und Grösse der Herzkammersystolen. Nimmt die Pulsfrequenz etwas zu, so wird die Kreislaufszeit ein wenig abgekürzt, bald aber kommt ein Punkt, wo sie wieder zunimmt, weil bei grösserer Pulsfrequenz die Systolen allmählich weniger ausgiebig werden, so dass durch starke Vermehrung der Pulsfrequenz, wie sie im Fieber stattfindet, die Kreislaufsdauer über die normale verlängert wird. HERING fand die Kreislaufzeiten in der Jugularisbahn von Pferden von einem Alter von 8,8 und 17,7 und 24,4 Jahren zu 22,5 und 25,0 und 29,2 Secunden. Daraus geht hervor, dass bei jüngeren Thieren die Kreislaufszeit etwas kürzer ist, als bei älteren. Die Körpergewichtseinheit des Kindes empfängt überdies in der Zeiteinheit beträchtlich viel mehr Blut, auch wegen der relativ grossen Gesamtblutmenge. Namentlich auffallend ist diese Mehrzufuhr von Blut zu den Bewegungsorganen des Kindes, woraus sich nicht nur das rasche Wachsthum dieser Organe, sondern auch die kindliche Neigung zu Körperbewegung in Spielen, Laufen etc. erklärt (J. RANKE). HERING fand bei Hengsten die Kreislaufsdauer etwas kürzer, als bei Stuten: 22,5 und 27,3 Secunden. Grössere und schwerere Thiere haben eine bedeutend langsamere Kreislaufszeit, als kleinere derselben Art. Bei Hunden von 1,8 und 22,5 Kilogramm Körpergewicht fand VIERORDT die Dauer des Kreislaufs zu 10,44 und 19,37 Secunden. Das Verhältniss der mittelst einer Ventrikelsystole ausgetriebenen Blutmasse zur Gesamtblutmenge des Körpers nimmt ab mit zunehmender Körperlänge und Schwere. VIERORDT fand auch die arterielle Stromgeschwindigkeit grösser bei kleineren, als bei grösseren Thieren derselben Art, so dass hier ähnliche Verhältnisse sich ergeben, wie zwischen jüngeren und älteren Thieren. Die Muskelthätigkeit fand HERING bei Pferden den Blutkreislauf (der Jugularisbahn) beschleunigt, die Kreislaufszeit war nach dem Herumtreiben im Trabe 17,5, während in der Ruhe 22,5 Secunden betrug. Nachts ist der Blutlauf langsamer, als am Tage.

## Der Puls.

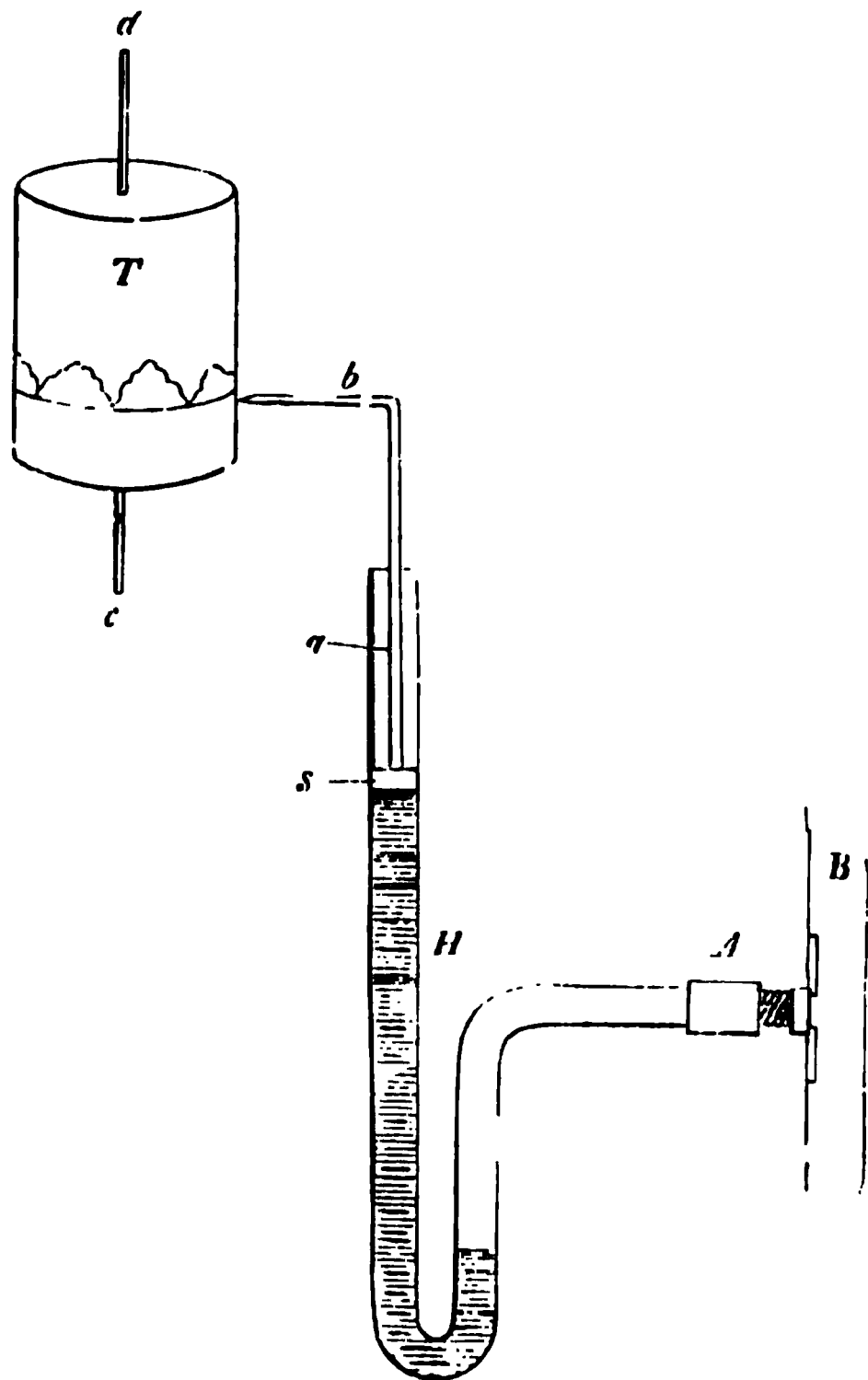
ie konstant unter der Wirkung des höheren Druckes in den Arterien eine Entleerung derselben, der dagegen nur rhythmisch erfolgende Ersatz verlorenen Flüssigkeitsmengen durch die Herzaktion machen die Blutmenge in den Arterien zu einer doppelten. Einmal sehen wir ein konstantes Ansehen in ihnen durch die Druckwirkung der Wände erzeugt, welches auch nach Aufhören der Herzaktion bis zur annähernden Ausgleichung der Druckunterschiede fortgeht. Mit dieser konstanten Strömung mischt sich, wie sich aus den oben angeführten Untersuchungen der Flüssigkeitsbewegung in elastischen

Röhren ergibt, eine Wellenbewegung, deren Ursache das rhythmische Ein- und Auspumpen des Herzens ist. Diese Wellenbewegungen, die sich in den Arterien als eine Druckerhöhung während der Systole, als eine Druckerniedrigung während der Diastole des Herzens zu erkennen gibt, wird als Puls bezeichnet. Normal treten etwa 72 Pulse in der Minute auf. Der Puls ist am stärksten in den grössten, dem Herzen am nächsten gelegenen Arterien, in den kleineren sehen wir ihn schwächer werden und meist schon, ehe sie in Kapillaren übergehen, ganz verschwinden. Der Puls ist eine Ausdehnung der Arterien, die während der Systole in sie eingepresste Blutmenge. Man kann an leichtlich unter der Haut liegenden oder an blossgelegten Arterien mit freiem Auge sehen, dass diese Ausdehnung ganz wie bei anderen elastischen Röhren ist, nämlich die Weite, als die Länge des Gefässes vergrössert. Die Ausdehnung ist wie dort, in der ganzen Länge des Gefässsystemes nicht gleichzeitig auf, sondern das Blut in das Anfangsstück der Aorta eingepresst wird, so wird dieses zuerst ausgedehnt. Seine elastischen Kräfte machen sich nach Aufhören der Wirkung des übermächtigen Herzdruckes sogleich geltend. Sie üben einen Druck auf den flüssigen Inhalt aus, der den eingetretenen Ueberschuss wegzuschieben versucht. Nach dem Herzen zu ist der Rückweg durch die Klappen gesperrt, der Ueberschuss wird sonach weiter vorwärts gedrängt. Indem sich dieselbe Wirkung der elastischen Kräfte in jedem folgenden mehr ausgedehnten Arterienstück wiederholt, läuft die Ausdehnung als Wellenberg über die Arterien hin den Kapillaren zu. Dabei nimmt die Kraft der Welle immer mehr ab und wird endlich = 0. Die Ursache dieses Verschwindens des Pulses liegt in verschiedenen Momenten. Schon die Bewegung an sich, die bedeutenden Widerstände in den Gefässen etc. schwächen die Welle mehr und mehr ab. Dabei kommt vor Allem auch die mehr erwähnte starke Erweiterung des Strombettes ins Kapillarsystem in Betracht. Die Stärke der Welle steht mit ihrer Ausdehnung in umgekehrtem Verhältniss. Wenn sich in den Kapillaren das Strombettes des Blutes auf das 400fache erweitert, wie man annimmt, so muss schon aus dieser Ursache dort die sichtbare, ausdehnende Wirkung der ungeschwächten Welle 400mal geringer sein. Dazu kommt noch, dass die Blutmenge dadurch, dass der durch die Systole eingepresste Ueberschuss sich während des Laufes der Welle durch Abfluss in das Venensystem immer mehr verringert. Nur in ganz seltenen Fällen, wenn z. B. die Gefässe durch Lähmung ihrer Nerven dilatirt, die Widerstände geringer sind, geht die Wellenbewegung auch in das Kapillarsystem und durch dasselbe in die Venen über. Bei den arbeitsspeichernden Drüsen zeigen die Venen neben dem schon beschriebenen hellrothen

Blute auch noch Puls. Man kann das Fortschreiten des Pulses über die Arterien mit chronometrischen Vorrichtungen messen. An vom Herzen abgelegenen Arterien tritt die Ausdehnung der Wand um einen Bruchtheil einer Secunde später ein, als in einer dem Herzen nahen Arterie. Die Pulswelle pflanzt sich um 9240 mm in der Secunde fort (E. II. WEBER). Man darf sich also die Welle nicht als eine kurze, längs der Arterie fortrollende Welle vorstellen. Die Welle ist so lang, dass nicht einmal eine einzige ganze Welle Platz hat in der Strecke von dem Anfang der Aorta bis zur Zehenspitze. Nehmen wir an, eine Zusammenziehung des Herzens  $\frac{1}{3}$  Secunde dauert, so ist der Anfang der Welle schon über 3 m weit (3,08) fortgeschritten, während ihr Ende in der Aorta entsteht. Es wird also durch den Puls sehr rasch das ganze Arterienrohr ausgedehnt, das sich dann etwas langsamer vom Herzen weg wieder verengert.

**Apparate zur Pulsmessung.** — Der Puls bietet für die Diagnose und Therapie von Krankheiten so wichtige Anhaltspunkte (cf. die Lehrbücher der allgemeinen Pathologie), es nöthig ist, seine normalen Verhältnisse genau zu kennen, um beurtheilen zu können, wie sie in krankhaften Zuständen Aenderungen erfahren haben. Man hat, um den Puls hierzu mit physikalischer Sicherheit beobachten zu können, verschiedene Apparate zur Pulsmessung ersonnen, von denen wir an Stelle der subjectiven Empfindung des pulsfühlenden Fingers, unter Umständen freilich das beste Beobachtungsinstrument, die objective Betrach-

Fig. 147.



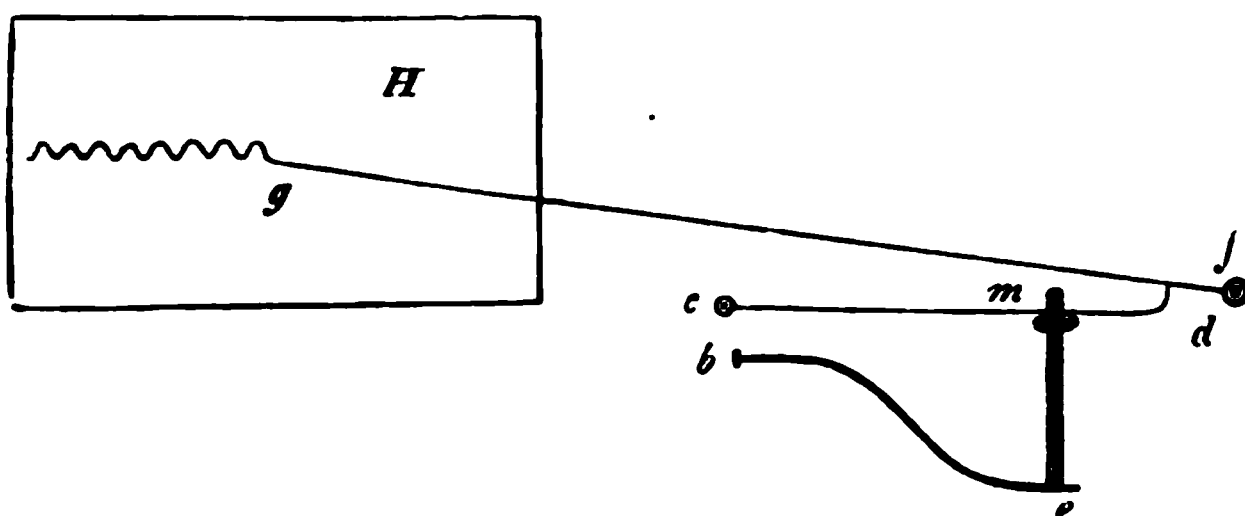
*T* Kymographion-Trommel um die Achse *cd* beweglich. *B* die Arterie. *A* Ansatzstück, welches die Arterie mit dem Manometer *H* verbindet. *as* der Schwimmer, welcher auf dem Quecksilber aufsitzt. *b* schreibender Pinsel.

Trommel, die mit Papier beklebt ist. Es entstehen so durch den Verlauf der regelmäßigen Druckschwankungen Curven auf dem Papier, an denen die Pulsveränderungen der mess-

sie in krankhaften Zuständen Aenderungen erfahren haben. Man hat, um den Puls hierzu mit physikalischer Sicherheit beobachten zu können, verschiedene Apparate zur Pulsmessung ersonnen, von denen wir an Stelle der subjectiven Empfindung des pulsfühlenden Fingers, unter Umständen freilich das beste Beobachtungsinstrument, die objective Betrachtung und Messung einzuführen. Bei dieser ist es thunlich, zur Beobachtung an einer Arterie das Manometer (Haeuser'sches Manometer) einzufügen, wie wir es an anderen starren und elastischen Röhren oben beschrieben haben, die durch den Puls hervorgerufene Druckschwankungen an dem Aufsteigen und Niedersteigen des Quecksilbers auf der Scala dem Auge sichtbar zu machen. Ludwig's Kymographion schreibt diese Druckschwankungen des Blutes selbstthätig auf (Fig. 147). In die Manometer-Röhre ist ein leichter Schwimmer eingesetzt, an seinem frei aus der Röhre vorstehenden Ende einen quer aufgestellten Pinsel oder anderen zweckmäßigen Schreibapparat trägt, der den Bewegungen des Quecksilbers auf- und abwärts folgt. Der Pinsel schreibt die Bewegungen auf eine durch ein Uhrwerk mit gleichmässiger Geschwindigkeit eine senkrechte Achse sich drehende

beobachtung zugänglich werden. Bei dem Menschen benutzt man die durch das Hindurchgehen des Pulses entstehende seitliche Ausdehnung der Arterie, die man sich ebenfalls durch sogenannte Sphygmographen graphisch darstellen lässt. VIERORDT, dem wir diese Methode verdanken, setzte auf die Arterie ein Knöpfchen, dessen Hebungen einen Fühlhebel bewegten. Ein an dessen Spitze angebrachter Pinsel schreibt auf der oben beschriebenen Platte des Kymographion seine Curven. MAREY hat ein sehr kompendiöses Instrument angegeben, das für den Arzt eine leichtere Verwendung gestattet, als das VIERORDT'sche (Fig. 448). Der Fühlhebel, der hier durch eine auf die Arterie aufgedrückte Feder bewegt

Fig. 448.



*H* die durch ein Uhrwerk bewegte Platte, *fg* die auf dieser schreibende Feder, *c b* der auf die Ader aufgedrückte Knopf im Durchschnitt.

ist sehr leicht und an seiner Spitze mit einer Art Schreibfeder versehen, die seine Bewegungen auf eine mit Papier bezogene Aluminiumplatte aufschreibt, welche mit gleichbleibender Geschwindigkeit durch ein kleines Uhrwerk vorübergezogen wird. Das Uhrwerk passt dem ganzen Apparat zusammen in ein kleines Kästchen, das leicht in der Tasche getragen werden kann.

Fick's Federkymographion zur Messung des arteriellen Blutdrucks besteht aus einer förmig gekrümmten hohlen Messingfeder, die mit Alkohol gefüllt ist. Das feste Ende der Feder wird durch einen elastischen Schlauch mit der Arterie in Verbindung gesetzt, das freie Ende zeichnet die Druckschwankungen auf das Kymographion.

Um den zeitlichen Verlauf des Pulses messen zu können, muss die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel, die Laufgeschwindigkeit der MAREY'schen Platte bekannt sein. Mit dem Zirkel zu messende Abstand der Curven belehrt uns dann über die Zeit, welche zwischen je zwei Pulsschlägen verstrich, ebenso kann man auch die Dauer der Wandausdehnung der Arterie auf die gleiche Weise direct messen, da ja bei der bekannten, gleichbleibenden Bewegung ein zurückgelegter Weg direct der Zeit proportional ist, welche zu seiner Rücklegung erforderlich war. Zur Messung der Pulswelle, der Verspätung des Pulses in peripherischen Arterien, dient noch am zweckmässigsten der elektrische Doppelhebel von CZERMAK. In älterer und neuerer Zeit wurden noch mehrfache Instrumente zur Pulsmessung angegeben, wir erwähnen: POISEVILLE's Kastenpulsmesser, MARSON's und CHELIUS' Röhrensphygmograph, MAREY's neuer und BROUDGEST's Sphygmograph, LANDOIS' Angiograph etc.

**Eigenschaften des Pulses für die ärztliche Beobachtung.** — VIERORDT fand, dass die Zeit der Ausdehnung der Arterie durchschnittlich etwas kürzer dauert, als die Zeit der Zusammenziehung; das Verhältniss ist etwa wie 400 : 406. Man bezeichnet das Verhältniss der Expansionszeit zur Contractionszeit als Pulscelerität. Die Dauer der einzeln aufeinander folgenden Pulsschläge ist bei einem und demselben Individuum ziemlich wechselnd, so dass sich Unterschiede um mehr als ein Drittel der Zeit finden. Die Höhe der aufeinander folgenden Pulscurven, also der Unterschied im Ausdehnungsgrade der Arterie: die Pulsgrösse, ist bei demselben Individuum sehr schwankend, fast um das Doppelte. Im grossen Puls wird ein ansehnliches Blutvolumen in die Arterie eingetrieben. Im All-



gemeinen ist der Puls gross, wenn er selten und träge ist, klein und oft auch häufig wenn er bei geminderter Herzkraft und bei grösseren Widerständen im arteriellen Strombett. Es ist möglich, mit dem zufühlenden Finger den Puls zum Verschwinden zu bringen, indem man die Arterie durch den ausgeübten Druck verschliesst. Der Arzt schliesst aus der dem angewendeten Kraft auf den Blutdruck in der Arterie, damit also auf die Geschwindigkeit der Bewegung.

Nach den Curven des MAREY'schen Instruments besteht jeder Puls aus zwei Hebungen und Senkungen, die zweite ist so gering, dass sie als eine kleine wellenförmige Erhebung auf der absinkenden Theile der Hauptpulscurve erscheint. Man kennt den »exquisit doppel schlägigen, dic roten« Puls als eine Veränderung des normalen Rhythmus in Krankheiten. Der pulsühlende Finger empfängt zwei Schläge, von denen der erste stärker und länger ist. VIERORDT beobachtete ihn vorübergehend bei Gesunden während des Gehens. Man kennt die Ursache für die zweite normale Pulswelle nicht. Vielleicht wird an irgend einer Stelle des Arteriensystem ein Theil der primären Pulswelle reflectirt. Man hat bei dieser Erklärung die plötzliche Ausdehnung der Semilunarklappen oder an die Theilungsstelle der Aorta gedacht, keinesfalls entspricht sie einer zweiten Kammersystole. Noch immer wird behauptet, sie entstehe bei der Beobachtung des normalen Pulses mit dem MAREY'schen Sphygmograph durch Eigenschwingungen des Hebels, die natürlich nicht ganz vermieden sind, die sich auch bei den anderen Pulsmessinstrumenten mehr oder weniger störend geltend machen können. Der aussetzende Puls entspricht entweder einem wahren Aussetzen eines Herzschlags, einer fortgesetzten Diastole der Herzkammer, oder die Systole findet dabei statt, aber zu schwach, um das Kammerblut gehörig spannen und die Aortenklappen öffnen zu können. Eine negative Pulswelle entsteht, wenn krankhafter Weise die Aortenklappen nicht schliessen und bei der Diastole Blut in die Kammer zurückströmt, der Blutdruck sinkt in der Aorta während der Diastole bedeutend. Diese Abspannung pflanzt sich auch gegen die Peripherie der Welle fort, aber ohne dass die Strömung des Blutes dadurch eine andere Richtung annähme.

Die Zahl der Pulsschläge: die Pulsfrequenz, wechselt vielfach bei demselben Individuum. Die kleinste Bewegung, lautes, anhaltendes Sprechen, andere zufällige Veränderungen des Athemrhythmus, Gemüths- und Sinneseindrücke verändern die Pulsfrequenz auffallender Weise. Doch ist es gelungen, eine Reihe allgemeiner Gesichtspunkte in dieser Hinsicht aufzufinden. Die Pulsfrequenz ist nach dem Alter des Individuums verschieden. Sie nimmt von der Geburt bis zum Mannesalter ab, um von da an wieder etwas zuzunehmen. Während der Säugling im Durchschnitt 134 Schläge hat, sinkt die Anzahl zwischen dem 10. und 24. Lebensjahre auf 74. Sie bleibt sich dann längere Zeit gleich, und steigt endlich wieder langsam an; im 55. Jahre 72, im 80. 79 Schläge in der Minute. Grössere Individuen haben einen etwas selteneren Puls als kleinere, ebenso Männer einen selteneren Puls als Frauen. Bei demselben Individuum schwankt der Puls regelmässig nach der Körperstellung. Er verlangsamt sich durch Liegen und beschleunigt sich durch Aufstehen. Dem Arzte muss diese Beobachtung bei jedem Krankenbesuche gegenwärtig sein. Bei Geschwächten reicht schon das Aufsetzen im Bette, die erste Aufregung des ärztlichen Besuches hin, für eine Zeit die Pulsfrequenz zu steigern. Am Morgen ist die Pulsfrequenz grösser als am Abend, nach dem Essen steigt sie ebenfalls an. Bei Pflanzenkost soll sich die Pulsfrequenz verlangsamen.

Für den Arzt mag hier noch die Bemerkung Platz finden, dass die veränderte Art der Herzthätigkeit und des Pulses, die er an Kranken beobachtet, meist seine directe Hülfe zunächst nicht beansprucht. In vielen Fällen ist die eben vorhandene Abweichung von der normalen Thätigkeit die beste Form, unter welcher das Herz seine Aufgaben für den Gesamtorganismus bei den bestehenden Störungen erfüllen kann. Man darf das bei der Auswahl der auf das Herz wirkenden Medikamente nicht vergessen. Eine künstliche Veränderung der anormalen Herzaktion kann, wenn die Störungen fortdauern, die sie bedingt haben, eine directe Gefahr für das Leben



en herbei führen, da unter den veränderten Bedingungen das Herz nun vielleicht nicht m Stande ist, die Circulation bis zu einem gewissen Grade normal zu erhalten. Das commodirt sich dem jeweilig gegebenen Zustand des Gesamtorganismus in wunder- Weise. Ueber das Wechselverhältniss der Herzaktion und der Widerstände in der in war schon oben die Rede.

alsfrequenz, Kreislaufszeit und Blutmenge. — VIERORDT zeigte, dass die Haupt- n des Blutumlaufs: Zahl der Herzschläge, Kreislaufszeiten, Blutdruck und umgetriebene sse unter sich einen gesetzmässigen Zusammenhang erkennen lassen. Die mittlere afszeit einer Säugethier- oder Vogelart ist gleich der durchschnittlichen Zeit, in welcher rz 27 Schläge vollendet. In der folgenden Tabelle stehen die directen Versuchser- e:

	Körpergewicht (Gramm)	Pulsfrequenz	Herzschläge während eines Kreislaufs
Eichhörnchen . . . . .	222	320	23,7
Katze . . . . .	4312	240	26,8
Igel . . . . .	914	(circa) 189	23,8
Kaninchen . . . . .	1434	220	28,5
Hund . . . . .	9200	96	26,7
Pferd . . . . .	38000	55	28,8
Huhn . . . . .	1332	354	30,5
Bussard . . . . .	693	282	31,6
Ente . . . . .	1324	163	28,9
Gans . . . . .	2822	144	26,0

ese auffallende Uebereinstimmung berechtigt zu dem oben schon erwähnten Schluss, e Kreislaufszeit des Menschen bei einer Pulsfrequenz von 72 = 23,4 Secunde sei. Die en Kreislaufszeiten zweier Thierarten verhalten sich, nach dem VIERORDT'schen z, umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen. Nimmt aber die Pulsfrequenz sehr er- ch zu, so verliert dieses Gesetz bis zu einem gewissen Grade seine Geltung. Muskel- n steigert die Pulsfrequenz sehr erheblich, bei mässiger Körperbewegung er Puls sogleich um 10—20, bei längerer Fortsetzung um 30 Schläge in der Minute, Laufen erhöht die Pulszahl um das Doppelte, ja Dreifache der Norm, dabei verringert ie wir oben sahen, die Kreislaufszeit aber nicht in dem Verhältniss, wie die Puls- iz gesteigert ist. Bei dem oben (S. 483) angeführten Versuche HERING's war bei dem in der Ruhe Pulsfrequenz 36, Athemfrequenz 8, die Kreislaufszeit 22,5, nach längerem stieg die Pulsfrequenz auf 100, die Athemfrequenz auf 24, während sich die Kreis- it nur auf 17,5 Secunden verminderte. Die Athem- und Pulsfrequenz sind auf das he gesteigert, die Beschleunigung des Kreislaufs ist dagegen nur wie 1,8 zu 1. Dass ieber die Kreislaufszeit sogar vergrössert, d. h. der Blutumlauf verlangsamt ist, wurde oben erwähnt. Die frequenteren Ventrikelcontractionen treiben dann erheblich weniger die Arterien ein als in der Norm Vagusdurchschneidung ändert die Kreis- it nicht erheblich.

: Blutmenge des Menschen berechnete VIERORDT nach den bisher angeführten Thatsachen en Blutkreislauf. Alles Blut des Körpers fliessen während einer Kreislaufszeit ein rch das linke Herz, nach dem eben angeführten VIERORDT'schen Gesetz treiben die rsystolen bei allen Warmblütern dieselbe proportionale Blutmenge aus, nämlich gesammten Blutmasse. Da wir beim Menschen (S. 482) die mittelst einer Kammer- entleerte, absolute Blutmenge kennen, so ergibt sich die Gesamtblutmenge nschen direct. Die Kreislaufszeit des Menschen ist 23,4 Secunde, während dieser das Herz im Mittel 27,7 Systolen. Eine Systole des linken Ventrikels treibt 172<sup>cc</sup> Blut so ist die Blutmenge des Menschen = 4760<sup>cc</sup>, in runder Zahl = 5000 Gramm = 10 Pfd. rchschnittliche Körpergewicht zu 68,6 Kilogramm angenommen, ist die Blutmenge

$\frac{1}{12,6} = \frac{1}{13}$  des Körpergewichts. Eine Ventrikelsystole treibt also ein Blutgewicht auf des Körpergewichts. VIERORDT übertrug diese Berechnungsweise, auf die letzte Ge stützend, auch auf die übrigen Warmblüter. Doch ist das mittlere Körpergewicht bei Thieren procentisch zu sehr von dem absoluten verschieden, als dass diese Berec sie mehr als Annäherungswerthe für ihre Blutmasse geben könnte. Vortrefflich st gegen die VIERORDT'sche Berechnung für den Menschen mit den directen Bisci Bestimmungen, die auch für das gleiche Mittelgewicht genau die gleiche Blutmasse ergaben. Bei grösseren normalen Thieren wird diese mittlere Uebereinstimmung zutreffen. Nach VIERORDT's Berechnung sollte die Blutmenge aller Warmblüter  $\frac{1}{13}$  des Körpergewichts betragen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich weiter, dass die normal durch die Gewichtse Körpermasse (1 Kilogramm) verschiedener Thiere in der Zeiteinheit strömenden B sich verhalten, wie die Pulsfrequenzen. Je rascher also die Herzschläge, desto wird, Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt, der Stoffwechsel eine sein. Für dasselbe Thier gilt das aber bei wechselnder Pulsfrequenz nur mit der gedeuteten Einschränkungen des VIERORDT'schen Gesetzes.

Die mittleren arteriellen Blutdrücke (a) zweier Thierarten verha wahrscheinlich umgekehrt, wie die in gleichen Zeiten durch gleiche Körpergewicht den Blutmengen (b), die Produkte von a in b müssen dann gleich sein, wirklich diese Produkte nach den VIERORDT'schen Angaben auffallend überein.

	a	b	a b
Pferd . .	280 mm Quecksilber	452	425
Hund . .	150 - -	272	408
Kaninchen .	70 - -	620	434

Setzen wir a b im Mittel = 422, so berechnet sich für den Menschen ein m arterieller Blutdruck von 200 mm Quecksilber.

Accommodationserscheinungen an den Blutgefäße J. PAWLOW's Beobachtungen besteht ein physiologischer Gegensatz : der Weite und dem Blutdruck in den Eingeweidegefäßen, und der W dem Blutdruck in den Hautgefäßen. Die Folge davon ist, dass durc auf einem »Thätigkeitswechsel« (J. RANKE) der Blutgefäße her Accommodationsvorgang der Blutdruck im Arteriensystem auch bei sehr lichen Veränderungen in der Blutvertheilung, z. B. bei der Verdauu sehr unwesentlich verändert wird. Die Accommodation des Gefässrohr PAWLOW aus einer mit der Erweiterung der Eingeweidegefäße reflektor tretenden Verengerung der Hautgefäße. Er kam zu diesen Schlüsse directe Blutdruckmessungen in Hautarterien bei »tressirten« nicht cura oder curarisirten Hunden, und durch Beobachtungen der Blutgef Kaninchenohr vor und während der Verdauung.

Das Volum des Herzens und die Weite der grossen Arterien.  
Pubertätsentwicklung des Herzens.

Wir haben im V. Capitel an der Spitze unserer Betrachtungen Gesetze der Ernährung der Verschiedenheiten gedacht (S. 30), we Vorgänge des Stoffwechsels wie des Gesamtlebens erleiden durch der

r Organzusammensetzung des Gesamtorganismus. Die verschiedenen isarten, die verschiedenen Geschlechter, aber auch jedes Einzelindividuum erhältniss zu jedem anderen lassen sich charakterisiren durch die mit der : festzustellenden Verschiedenheiten in der relativen Masse, in welcher die torgangruppen: Muskeln, Knochen, Nervengewebe, Blutleitungsapparat, , Fettgewebe, Drüsen sich an dem Aufbau des Körpers betheiligen. Wäh- bei dem Erwachsenen das Muskelsystem quantitativ mächtig entwickelt vorgehen Drüsen und Nervengewebe sehr stark zurücktreten, sehen wir die ernen beiden Organgruppen beim Kinde relativ weit stärker an dem Ge- ntgewicht des Körpers sich betheiligen, während die Muskelmasse nur etwa so stark wie bei dem Erwachsenen concurrirt. Weib und Jüngling stehen ntlich in der relativen Ausbildung des Drüsengewebes dem kindlichen - noch näher, als der erwachsene Mann. Directe Stoffwechselversuche, e die Erfahrungen über die verschiedene Blutvertheilung im Organis- (Cap. X) haben uns gelehrt, dass die verschiedenen Hauptorgan- pen sich in quantitativ ganz verschiedener Weise an dem Gesamtstoff- sel des Organismus betheiligen, so dass in dieser Beziehung schon, her- ehend aus der verschiedenen Organzusammensetzung, die wesentlichsten rschiede zwischen den verschiedenen Lebensaltern, Geschlechtern, Einzel- viduen sich ergeben. Die Lehre vom Thätigkeitswechsel der verschiedenen me hat unseren Einblick in die hier obwaltenden Verhältnisse noch wesent- erweitert.

Die neueren Entdeckungen wesentlicher physiologischer und anatomischer schiedenheiten in der Weite der Blutgefässe, im Volum des Herzens und erer wichtiger, reichlich Blut enthaltender Organe (Lunge, Leber etc.) in verschiedenen physiologischen (und pathologischen) Zuständen, in den ver- iedenen Lebensaltern und Geschlechtern bringen nach der angedeuteten tung weitere Fortschritte unserer Erkenntniss. Von dem von PAWLOW ge- denen physiologischen Wechselverhältniss der Weite und des Blutdrucks der ggefässe und Baueingeweidegefässe, welches sich als eine Art Accommo- bnsvorgang charakterisirt und sich direct unseren Angaben anschliesst r den Thätigkeitswechsel der Organe (cf. Cap. V, und Cap. X), war n schon die Rede (S. 490). F. W. BENEKE hat wichtige Entdeckungen r die normalen Wachstums- und Grössenverhältnisse der einzelnen ana- ischen Apparate, namentlich des Herzens und der Blutgefässe beigebracht. stellt sich nach BENEKE heraus, dass von der Geburt bis zur Vollendung der ertät eine vollständige Umkehr des zwischen der Grösse des Herzens und Weite des arteriellen Gefässsystems bestehenden relativen Verhältnisses tfindet. In der Periode des kindlichen Alters finden wir ein relativ kleines z neben relativ weiten Arterien. Dies Verhältniss bleibt mehr oder weniger selbe bis zum Eintritt der Pubertät. Mit und während derselben und mit i gleichzeitigen Längenwachsthum des Körpers kehrt sich dasselbe aber in ze einer raschen Volumszunahme des Herzens und eines relativ geringen chsthum der Arterien im Querdurchmesser um, und nach Vollendung der ertät finden wir ein relativ grosses Herz neben relativ engen Arterien. Im en Kindesalter verhält sich das Volum des Herzens zur Weite der Aorta endens circa wie 25 : 20; vor Eintritt der Pubertät wie 440 : 50; im er-

wachsenen Alter wie 290 : 64. Wir müssen daraus schliessen, dass der Druck des grossen-Kreislaufs im Kinde ein weit geringerer ist, als im erwachsenen Menschen; daraus erklären sich zugleich die Nothwendigkeit und die Leistungen der rascheren Arbeit des kindlichen Herzens. Da aber die Differenz des Blutdrucks ein wesentlicher Faktor ist für die Regulirung des Flüssigkeitsverkehrs zwischen Blut und Organ und damit für die Vorgänge der Ernährung, so liegt in jenen Verhältnissen zugleich eine Erklärung für die grossen Intensität des Stoffwechsels und z. Thl. auch für die rascher voranschreitenden Wachsthumerscheinungen des kindlichen Organismus. Mit dem Eintritte für den Erwachsenen als normal zu betrachtenden relativ hohen Blutdrucks im grossen Kreislauf hört das Längenwachsthum des Körpers auf. Als Beweis dafür während der Pubertätszeit eintretenden raschen Volumszunahme des Herzens, haben wir vor Allem die mit dem Längenwachsthum des Körpers zunehmende Engerwerden der Arterien zu betrachten. In Folge der dadurch vermehrten Herzarbeit nimmt auch das Blut, wie alle stärker angestregten Muskeln an Masse zu.

Ganz entgegengesetzt den Blutdruckverhältnissen im grossen Kreislauf gestalten sich nach BENKE jene im kleinen Kreislauf. Im kindlichen Alter ist die Art. pulmonalis relativ weit, die Aorta ascendens relativ eng, nach Vollendung der Körperentwicklung erreichen beide grossen Gefässe einen fast gleichen Umfang, im späteren Alter übertrifft die Pulmonalis die Aorta um ein Drittel. In den Lungen der Kinder ist daher der Blutdruck ein weit höherer, als in den Lungen Erwachsener; damit hängt es zusammen, dass die Kohlensäureabfuhr und Respirationsfrequenz eine relativ zum Körpergewicht und zur Körperlänge beim Kinde viel bedeutendere ist, als beim Erwachsenen. Auch die rasche Entwicklung der Lungen scheint dieses Verhältniss von Wichtigkeit zu sein, so dass eine relativ enge Pulmonalis des Kindes ein kleines, eine relativ weite Pulmonalis des Kindes ein grosses Lungenvolumen bedingen würde.

BENKE hat seine Untersuchungen nicht nur auf die Aorta ascendens, sondern auch auf die Aorta thoracica und abdominalis, sowie auf die wichtigsten grossen arteriellen Gefässstämme ausgedehnt. Absolut nehmen alle Arterien von der Kindheit bis ins Alter an Weite zu, wenn auch in verschiedenen Graden. Anders gestalten sich die Resultate, wenn wir die Weite der Arterien auf gleiche Körperlänge berechnen. Es ergibt sich dann, dass alle Arterien im Kindesalter relativ weit sind, von da an im Verhältniss zur Körperlänge die Weite abnehmen bis zur Pubertätszeit, um sich dann wieder relativ zu erhöhen, bis sie im senilen Alter die verhältnissmässige Weite im ersten Lebensalter wieder erreicht haben. Sehr bemerkenswerth sind die Beobachtungen, dass diese Veränderungen in der Weite der Arterien für die einzelnen Arterien bestimmte Gesetzmässigkeiten erkennen lassen und zwar für verschiedene Arterien verschiedene. Bei Kindern im ersten Lebensjahre ist die Subclavia mächtiger entwickelt als die Iliaca communis, sie nähern sich dann in ihrem Altersverhältniss langsam mehr und mehr an, und im höheren Alter kehrt das Grössenverhältniss umgekehrt wie beim Kinde. Dass diese und ähnliche Veränderungen in den relativen Grössenverhältnissen der Arterien mit den Veränderungen in der physiologischen Thätigkeit der von den betreffenden Arterien versorgten Organe und Organgruppen einhergehen, sehen wir sehr deutlich

stumsverhältnissen der Carotis communis. Wir bemerken hier anstatt  
 ahme nach der Geburt bis ins zweite Jahr eine beträchtliche Zunahme  
 , diese trifft zusammen mit der Periode des grössten Wachstums des  
 Nun tritt mit dem grösseren Längenwachstum des Körpers die bei  
 ren Arterien beobachtete relative Abnahme der Weite ein. Sind die  
 the geschlossen und damit das Wachstum des Gehirns annähernd  
 so bleiben die Weiteverhältnisse der Arterie in auffälligster Weise  
 anze Leben constant, im 80. Lebensjahre ist sie (Car. comm. sin.)  
 im 8., während dieser ganzen Zeit betragen die relativen Differenzen  
 hr als 1 mm. Im Allgemeinen erscheinen die Arterien rechterseits  
 ter als linkerseits, namentlich für die Subclavia constatirt, was mit  
 ren Benutzung der Muskulatur der rechten Körperhälfte zusammen-  
 scheint. Während in den ersten 6 Lebensjahren die Carotis absolut  
 v viel weiter ist, also mehr Blut führt als die Iliaca, trittt hierin in  
 tätszeit Gleichheit ein, mit vollkommener Ausbildung des Längen-  
 is des Körpers überwiegt dann die Iliaca die Carotis mehr und mehr,  
 er das Doppelte.

r z zeigt nach BENEKE die relativ stärkste Zunahme im ersten und zweiten Lebens-  
 aluss des letzteren hat sich das Volum bereits verdoppelt, von 22—44 cm. In den  
 ahren schreitet das Wachstum des Herzens langsamer vor bis zu 90 cm, noch lang-  
 im 15. Jahr bis zu 150—160 cm. Nun kommt die Zeit der Pubertätsentwicklung,  
 las Herz die oben angegebene rasche Volumszunahme erkennen lässt, indem sein  
 . zum 20. Jahre noch um ca. 400 cm wächst. Von da an bis zum 50. Lebensjahr  
 Herz jährlich nur noch um etwa 4—4,5 cm. Im höheren Lebensalter folgt eine  
 umsabnahme, in den 70er Jahren vielleicht constant wieder eine geringe Zu-  
 che, wie die Alterserweiterung der Arterien, wohl z. Thl. auf einer Erschlaffung  
 igen und passiven Ausweitung beruhen mag. Das Herz der Frauen ist in allen  
 den kleiner, als das der Männer.

constatirte die von ENGEL u. A. gefundene Massen- resp. Volumsverschiedenheit  
 und linken Ventrikels. Bei Neugeborenen verhält sich der rechte zum linken  
 wie 1 : 1,4; dann wächst der linke Ventrikel weit stärker, im 3. bis 6. Lebens-  
 at schon das Verhältniss 1 : 2,4, im 2. Lebensjahr sogar 1 : 2,7—2,89, welches  
 r das übrige Leben ziemlich constant zu bleiben scheint, und zwar für Männer

rossen Arterienstämme nehmen sämmtlich von Anbeginn des Lebens bis  
 chen Ende desselben ständig an Umfang zu, relativ am stärksten in den ersten  
 n, sowie in der Pubertätszeit, von da an nur langsam. Davon machen, wie wir  
 angaben, nur die Carotiden eine Ausnahme. Die Blutvertheilung ist so-  
 verschiedenen Lebensaltern eine verschiedene.

rliegt keinem Zweifel, dass mit der oben constatirten relativen Verengerung der  
 ler Pubertätsperiode nicht nur ein in dieser Zeit relativ am höchsten stehender  
 ondern auch eine relative Abnahme der Gesamtblutmenge Hand in Hand geht.  
 en anderen physiologischen Funktionen macht sich aber auch hier eine Art von  
 n geltend. Mit dem gesteigerten Blutdruck nimmt cet. par. die Blutbewegung  
 h ein relativer, freilich nicht vollkommener Ersatz für die geringere absolute  
 eboten wird.

chiedene Entwicklung der Organe, unter denen Herz und Blutgefässe eine be-  
 stige Rolle spielen, geben uns in Verbindung mit den Schwankungen in dem  
 and dem daraus hervorgehenden physiologischen Verhalten der Organe und des



Gesamtkörpers einen Einblick in die verschiedenen »Constitutionen«, deren Vervielfachung so gross ist, wie die Anzahl der untersuchten Individuen, und welche nach bei jedem Einzelindividuum, namentlich nach den Altersperioden, sich änderte.

### Accessorische Einwirkungen auf die Blutbewegung, namentlich in den

Zur Vollendung des Kreislaufs in den Venen kommen ausser den genannten noch andere Hilfskräfte zur Verwendung. Da die Venenwände schlaffer sind als die Arterienwandungen, so kann schon ein schwacher äusserer Druck die Wandungen zusammenpressen und das Fliessen des Blutes an gedrückten Stellen dadurch unterbrechen. Wenn der Druck nur auf eine Stelle ausgeübt wird, so kann sich wegen der vielfachen Anastomosen das Blut einen anderweitigen Ausweg suchen, im anderen Fall staut sich das Blut in den Venen an, indem die Venenklappen ein stärkeres Zurückweichen des Blutes verhindern. Die Lungen sind im Brustraume so eingefügt, dass sie etwa ihr natürliches Volumen ausgedehnt sind. Vermöge ihrer Elasticität suchen sie sich zu verkleinern und üben dadurch einen negativen Druck in ihrer Umgebung im Thorax aus, wodurch dort alle Hohlorgane ausgespannt werden müssen. Wir sahen schon, dass darin z. Thl. der Grund für die passive Ausdehnung der erschlaffenden Herzhöhlen liegt, wodurch sich diese mit Blut aus dem venösen Blutgefässsysteme mit Blut anfüllen. Es saugt also der negative Druck aus den Körpervenen (auch Lymphgefässen) Blut in die grossen, innerhalb der Brust liegenden Venen und schliesslich in das Herz. Der Blutdruck in den Venen kann dadurch entweder null werden oder in der nächsten Nähe des Brustraumes, wie wir oben sahen, sogar negativ. Wird eine solche Vene am Halse geöffnet, ohne dass ihre Wände sogleich wieder zusammenfallen, so spritzt sie nicht, sondern kann vermöge ihres negativen Druckes Blut ansaugen, wodurch manche plötzliche Todesfälle bei Operationen hervorgerufen werden. Die eingetretenen Luftbläschen stauen sich in den Kapillaren des Herzens und unterbrechen dadurch den Blutkreislauf in demselben, so dass das Herz fast momentan gelähmt wird. An anderen Stellen des Gefässsystems ist der Lufteintritt ziemlich ungefährlich.

Bei der Einathmung, wobei sich die Lunge noch weiter ausdehnt, wird der negative Druck, der Blutzufluss zum Herzen wird also dadurch beschleunigt. Umgekehrt wird der letztere durch Ausathmung aus dem entgegen gesetzten Grunde etwas behindert. Im entgegengesetzten Sinne wie auf den Venenlauf machen sich diese Druckschwankungen auch auf den Blutlauf in den Arterien geltend. Der stärkere negative Druck während der Inspiration zieht die Arterien in der Brusthöhle etwas aus und vermindert dadurch den Druck in ihnen, umgekehrt ist es bei der Expiration.

Während der Expiration empfängt aber zunächst das rechte Herz weniger Blut, aber auch die Aorta weniger Blut, es steigt also der arterielle Blutdruck am Anfang der Expiration, später sinkt er wieder. Das Umgekehrte ist während der Inspiration der Fall. Unter ihrem Einfluss füllen sich alle blutführenden Organe auch die Aorta, in der Brusthöhle stärker mit Blut an. Der arterielle Blutdruck kann also nur im Anfang der Inspiration sinken, mit der stärkeren Blut-



a wird er gegen das Ende der Inspiration wieder ansteigen. Diese mit den mbewegungen synchronen Druckschwankungen in den Arterien schreiben bei Anwendung des Kymographions selbst als Athemcurven auf, the viel grösser sind, als die Pulscurven. Auf jeder Athemcurve sitzen als nere Erhebungen die während der Zeit des Ein- und Ausathmens eingetre- n Druckschwankungen in Folge der Herzpulse auf. Während der Exspira- sind die Pulse etwas frequenter, als während der Inspiration. Die Saug- kung der Lunge lässt sich experimentell bis in die Schenkelvene nachweisen. Bei den Venen wirkt, wie bei den Lymphgefässen, die Anwesenheit der ppen in gewissem Sinne befördernd auf den Blutstrom ein, indem ihrer lung zu Folge jeder Druck, der auf eine Vene ausgeübt wird, das Blut nur wärts dem Herzen zu treiben kann. Dadurch wird die Lage vieler Venen schen Muskeln für die Blutbewegung von Wichtigkeit, da die Muskelcontrac- en durch den Druck, den sie auf die Venen ausüben, das Blut im Sinne des malen Blutstromes vorwärts pressen, indem die Klappen ein Rückströmen hindern. An der Oberschenkelvene gestaltet sich die Lagerung vom Knie zum POUPART'schen Band geradezu zu einem Saug- und Druckapparat (BRAUNE).

Bei Venen, welche, wie die der Knochen, die Blutleiter der Schädelhöhle, vor äusserem Druck geschützt sind, fehlt das Bedürfniss der Klappen, hier en letztere auch und ebenso in kleineren Venen, bei denen die reichliche stomosenbildung die Druckwirkung beseitigt. Ein lokaler Druck auf eine te mit Klappen treibt das Blut von dieser Stelle mit beschleunigter Geschwin- keit dem Herzen zu, während es hinter der gedrückten Strecke bis zur sten Klappe staut, und auch hinter der Klappe findet noch, trotz der Ana- tosen, eine schwache Stauung statt. Wird der Druck beseitigt, so ergiesst stärker gespannte Vene ihren Inhalt mit entsprechend grösserer Geschwin- keit.

Bei manchen Venen wirkt auch die Schwerkraft für die Blutbewegung nnen förderlich. Es ist klar, dass dieses bei den Venen des Kopfes und Halses aufrechter Stellung der Fall sein muss. Auf die venöse Blutbewegung in n unteren Extremitäten wirkt sie dagegen verlangsamend, worauf man die ifigen Venenerweiterungen an den unteren Extremitäten bei Leuten mit vor- egend stehender Beschäftigung zu beziehen pflegt. Die praktische Chirurgie icht von dem Einfluss der Schwere auf die Blutbewegung eine sinnreiche wendung, indem sie durch höhere Lagerung entzündeter Gliedmassen den ösen Blutabfluss aus ihnen erleichtert. Diese einfache antiphlogistische Me- de hat oft grössere Wirkung, als lokale Blutentziehung.

Das wichtigste unter den accessorischen Momenten bei der Blutbewegung ibt jedoch immer die Aspiration durch den Thorax und der Ein- iss der Athembewegungen.

RÜDINGER macht darauf aufmerksam, dass bei den durch knöcherne Canäle hindurch- enden Arterien die Pulsation dadurch ermöglicht wird, dass sie von einem Ring, gleichsam einer Scheide venöser Gefässe umgeben sind, welche bei der Ausdehnung der Arterie primirt werden. Dadurch wird die Pulsation in der Arterie für diese en aber auch zu einer accessorischen Unterstützung der Blutbewe- g. Diese Verhältnisse sind gegeben z. B. im carotischen Canal, bei der Arteria

vertebralis in den knöchernen Ringen der Querfortsätze der Halswirbel, sowie bei den Knochenvenen.

Die Blutbewegung in den Venen zeigt, da sie einigen unregelmässig wirkenden Einflüssen unterliegt, weit öfter Störungen, als in den Arterien.

Dieselben Momente, welche wir an der Bewegung des venösen Blutes theilnehmen kommen auch bei der Lymphbewegung zur Geltung. Auch hier werden die Klappen wirksam; auch hier macht sich die Aspiration des Thorax geltend, da ja die Lymphgefäße in offener Verbindung mit den Venen stehen. Der Milchbrustgang, Truncus lymphaticus communis sinister, mündet in den Vereinigungswinkel der V. subclavia sinistra und V. jugularis comm. sinistra ein. Der rechte Lymphgefäßstamm, Truncus lymphaticus communis dexter, geht in die Vena subclavia dextra ein. An den Einmündungsstellen finden sich Klappen, links zwei, rechts eine, von halbkugelförmiger Gestalt, welche das Eindringen von Venenblut unmöglich machen.

Bei starken Ausathmungsbewegungen, z. B. Husten, staut sich das Blut in den Hals- und Kopfvenen an. Verschliesst man Mund und Nase und macht dabei eine Ausathmungsbewegung, so nimmt die Füllung des Herzens mit Blut rasch ab, der Puls

sehr klein. Man kann durch diese Compression des Brustraums die Blutbewegung in demselben wahrscheinlich zu positiven machen, durch dann das Fehlen des Venenblutes zum rechten Herzen und mehr aufhört. Es zeigt, dass im höchsten Grade der Wirkung gestohlen nicht mehr im Blut sind, die geringe Blutspannung im Ventrikel gespannt, um sie in die Arterie einzutreiben. Puls bleibt dann aus, es kann Ohnmacht eintreten. Ein Theil der Wirkung wohl aber auch von Vagusreizung her, was in Folge der Kohlensäureanhäufung im Blut Vaguscentrums eintritt.

**Zur Entwicklungsgeschichte des Gefäßsystems.** Fortsetzung oben S. 469). Das embryonale Gefäßsystem. Die Embryonalanlage hat weder Gefäße noch Kreislauf. Der erste Kreislauf hat zunächst die Aufgabe, aus dem Inhalt der vom mütterlichen Organismus stammenden Keimblase Nahrungsmaterial aufzunehmen, das, da der Embryo selbst noch keine feinen Gefäßverzweigungen besitzt, vor Allem dem Wachsthum des Fruchthofes zu dienen hat.

Fig. 449.



Fruchthof eines Kaninchens mit Embryo von der Bauchseite, von 4 Par. Linien Durchmesser, mit vollkommen entwickeltem erstem Gefäßsystem. Nach Bischoff, etwas verkleinert. a Vena oder Sinus terminalis, b Vena omphalomesenterica, c starker hinterer Ast derselben, d Herz, schon S-förmig gebogen, e primitive Aorten oder Arteriae vertebrales posteriores, ff Art. omphalomesentericae, g primitive Augenblasen. Man sieht das feinere oberflächliche (nach aussen gelegene) mehr arterielle und das stärkere tiefe, mehr venöse Gefäßnetz im Fruchthof.

lauf hat zunächst die Aufgabe, aus dem Inhalt der vom mütterlichen Organismus stammenden Keimblase Nahrungsmaterial aufzunehmen, das, da der Embryo selbst noch keine feinen Gefäßverzweigungen besitzt, vor Allem dem Wachsthum des Fruchthofes zu dienen hat.

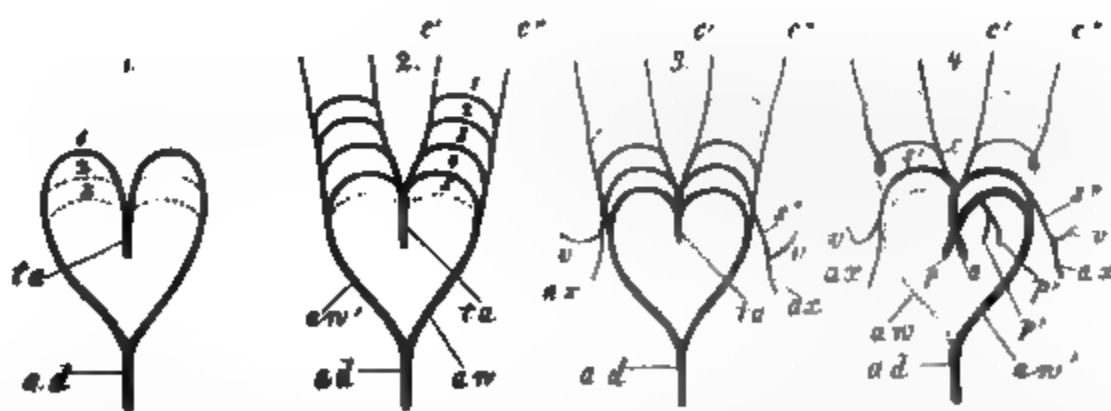
yonalanlage scheint in dieser Periode (KÖLLIKER) noch auf eine directe Aufnahme von Nahrung aus der Keimblase besonders durch die Zellen seines Darmdrüsenblattes angewiesen zu sein.

Aus dem oberen Theil des noch S-förmig gebogenen einkammerigen Herzens (S. 454) gehen die *Arcus aortae* hervor, die sich zuerst nach oben zur Wand der Kopfdarmhöhle biegen, um dann längs der hinteren Mittellinie zu verlaufen. Sie vereinigen sich bald zu einem kurzen, einfachen Aortenstamm, der sich wieder in zwei parallele Aeste spaltet, die die *arcus vertebrales posteriores* oder primitive Aorten, die unterhalb der Urwirbel und der Chorda gelegen (Fig. 419) bis zum Ende des Embryo gelangen. Hierbei geben sie — 5 Aeste: *Arteriae omphalo-mesentericae* oder Nabelgekrösarterien ab. Diese Aeste, ohne dem Embryo selbst Zweige abzugeben, in den Fruchthof, wo sie über die ganze Länge des Fruchthofs mit den den Embryo ebenfalls verlassenden Ausläufern der primitiven Aorten ein oberflächliches, ziemlich dichtes Gefässnetz bilden. Am Rande des Fruchthofs bildet dieses Gefässnetz in eine starke Vene, Vena s. Sinus terminalis, die beinahe den ganzen Fruchthof umkreist. Am Kopfe biegt sie sich gegen den Embryo mit zwei Stämmen, den *omphalo-mesentericae*, Nabelgekrösvenen, um, welche in das hintere Ende des Herzens einmünden, nachdem sie noch zwei hintere Venenstämme aufgenommen haben. Die Venen hängen durch ein ähnlich zierliches, aber etwas weiteres und tiefer liegendes Gefässnetz unter einander wie die Arterien zusammen.

Der Placentarkreislauf hat schon S. 55 Erwähnung gefunden (cf. S. 504). Oben sehen wir, dass das entwickelte Herz nach vorne zunächst den Truncus arteriosus entsendet, der sich nach kurzem Verlauf in die zwei *Arcus aortae* spaltet, die in der Wand der Darmhöhle bogenförmig und konvergierend nach hinten laufen und sich vereinigen. Vor dem ersten Aortenbogen, gleichsam als Queranastomosen seiner beiden Schenkel, liegen noch zwei Aortenbogen, der Innenfläche der Kiemenbogen entsprechend (Fig. 45, 46). In der Folge entstehen noch weitere zwei Aortenbogen, doch schwinden gleichwohl die vorderen wieder, so dass meistens nicht mehr als drei Paare gleichzeitig vorhanden sind.

Die Aortenbogen entsprechen den Kiemenbogen, und sie erscheinen als eine Wiederholung des ersten Entwicklungszustandes der Kiemengefässe der Fische und Batrachier. Bei höheren Wirbelthieren, bei welchen sich keine Kiemen ausbilden, vergeht ein Theil der Aortenbogen wieder, und der sich erhaltende Theil findet eine ganz andere Verwendung, als bei den durch Kiemen athmenden Thieren. Die Umbildung ist in Fig. 420 schematisch dargestellt.

Fig. 420.



Zur Darstellung der Entwicklung der grossen Arterien mit Zugrundelegung der von KARSZT gegebenenen Abbildungen. 1. Truncus arteriosus mit ein Paar Aortenbogen und Andeutung der Stellen, wo das zweite und dritte Paar sich bildet. 2. Truncus arteriosus mit vier Paar Aortenbogen und Andeutung der Stelle des fünften. 3. Truncus arteriosus mit den drei hinteren Paaren von Aortenbogen, aus denen die bleibenden Gefässe sich entwickeln, und Darstellung der obliterirten zwei vorderen Bogen. 4. Bleibende Arterien in primitiver Form und Darstellung der obliterirten Theile der Aortenbogen. *ta* Truncus arteriosus, 1-5 erster bis fünfter Aortenbogen, *a* Aorta, *p* Pulmonalis, *p'* *p''* Aeste zur Lunge, *ax'* bleibende Wurzel der Aorta thoracica *a d*, *a w* obliterirende Wurzel derselben, *s'* *s''* Subclaviae, *v* Vertebralis, *ax* Axillaris, *c* Carotis communis, *c'* Carotis externa, *c''* Carotis interna. *Banke, Physiologie. 4. Aufl.*

Im Wesentlichen entwickeln sich die bleibenden grossen Arterien aus den drei Aortenbogen, doch erhält sich in der Carotis interna ( $c''$ ) und Carotis externa ( $c'$ ) Theil des ersten und zweiten Bogens. Von den drei letzten Aortenbogen wird der dritte (der dritte in Fig. 420) zum Anfang der Carotis interna, die Carotis communis ( $c$ ) entsteht aus dem Anfang des ursprünglich ersten Arcus aortae. Der zweite bleibende (der ganzen Reihe) Aortenbogen tritt nach der Trennung des Truncus arteriosus und Pulmonalis auf beiden Seiten mit der Aorta in Verbindung, links wird er zum bleibenden Arcus aortae, rechts liefert er den Truncus anonymus und den Anfang der Clavia dextra ( $s'$ ). Die Verbindungen zwischen dem ersten und zweiten bleibenden Aortenbogen (der Abbildung Fig. 420 durch punktirte Linien angedeutet) verschwinden. Der dritte innerste der bleibenden Bogen (der fünfte der ursprünglichen Zahl) verschwindet ebenfalls vollständig, links verbindet er sich mit der Pulmonalis und entwickelt die beiden Arterienäste ( $p'$   $p''$ ), bleibt aber während der ganzen Foetalperiode mit dem bleibenden Arcus aortae in Verbindung (Ductus Botalli), so dass das Blut der rechten Kammer in die Aorta descendens sich entleert.

Bei den durch Kiemen athmenden Thieren entwickelt sich von den drei Aortenbogen, die hier meist zahlreicher angelegt sind, als bei den Säugern, in die sich die Kiemenblättchen ein Blutgefässnetz, welches sich in Kapillaren auflöst und schliesslich in grössere Gefässe gesammelt wird, welche in die Aorta einmünden. Die ursprünglichen Aortenbogen werden hier sonach in ihrer Mitte in ein Kapillarsystem verbreitet, welches der Athmung in den Kiemen vorsteht. Die zuführenden, venöses Blut enthaltenden sind die Kiemenarterien, die aus den Kiemenkapillaren sich sammelnden, arterielles Blut enthaltenden Gefässe sind die Kiemenvenen. (Ueber das Herz der Fische und andere cf. oben S. 459.)

---

# III. Ausscheidungen aus dem Blute.

## Dreizehntes Capitel.

### Die Athmung.

#### Lunge und Athembewegungen.

---

#### Begriff der Athmung.

Der Process der Athmung, der Wechselverkehr des Organismus mit der Atmosphäre, zerfällt in zwei wesentlich getrennte Vorgänge.

Ueberall, wo das Blut, das den Wechselverkehr des Organismus mit der Atmosphäre besorgt, mit dieser in so directe Berührung kommt, dass eine Gasdiffusion stattfinden kann, sehen wir Sauerstoff aus der Luft in das Blut aufgenommen und Kohlensäure und Wasser dafür ausgeschieden. Es findet sich dieser Vorgang allem an den Lungen, aber auch an der Haut, deren reich mit Blutgefässen besponnene Drüsenöffnungen der Luft nahen Zutritt zum Blute gestatten, und an den Schleimhäuten des Digestionscanales wird der Sauerstoff der dahinfliegenden Luft aufgesaugt und dafür Kohlensäure ausgeschieden. Dieser Verkehr des Blutes mit der Luft kann als äussere Athmung bezeichnet werden.

Die innere oder Gewebsathmung beruht auf dem gegentheiligen Vorgange. Die Gewebe, welche das Blut umspült, nehmen aus ihm den Sauerstoff auf und beladen das Blut dafür mit Kohlensäure, die sie durch ihre Thätigkeit erzeugt haben.

#### Der Bau der Lunge.

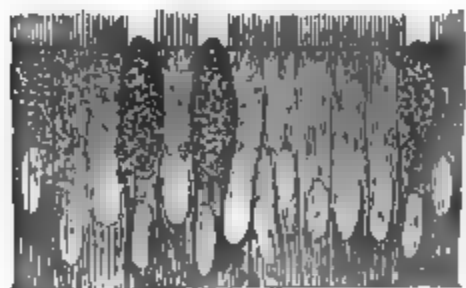
Die Lunge ist eine Drüse. Man hat darin einen Unterschied finden wollen, dass sich in der Lunge ein zweifacher Vorgang: eine Stoffabgabe —  $\text{CO}_2$  — und eine Stoffaufnahme —  $\text{O}$  — findet, während sich bei den übrigen Drüsen mit Ausführungsgängen zunächst nur eine Stoffabgabe bemerklich macht. Die neuere Forschung hat jedoch bei einer Reihe von Drüsen eine gleichzeitige Stoffaufnahme in das Blut neben der Abgabe erwiesen. Am bekanntesten ist dieses bei der Leber, bei welcher neben der Abgabe von Stoffen zu der Gallebildung die Aufnahme der in den Drüsenzellen gebildeten glycogenen Substanz resp.



des daraus entstehenden Zuckers von Seite des Blutes stattfindet. Das Charakteristische des Lungenbaues liegt darin, dass es sich in ihr nicht um Aufnahme und Abgabe von tropfbaren Flüssigkeiten, sondern von Gasen handelt. diesen Zweck erleidet das allgemeine Schema der traubenförmigen Drüsen nach dem die Lunge gebaut ist, einige Abänderungen.

Vor Allem ist es der Ausführungsgang der Lunge, die Trachea, Luftröhre, welche sich von den Ausführungsgängen anderer Drüsen unterscheidet. Die Luftröhre besitzt knorpelige Wände, welche sich durch den wechselnden Luftdruck nur wenig zusammenpressen oder ausdehnen lassen, so dass sie als offener Weg die Lunge mit der Atmosphäre verbindet. Ein häutiger Ausführungsgang würde dieser Aufgabe nicht entsprechen, da ein solcher nur dann einen wirklichen Hohlraum umschliesst, wenn irgend ein Körper, eine Substanz, z. B. das Drüsensekret, hindurchgeht, sonst liegen die Wände dicht an einander an. An solchem Zusammenfallen wird die Luftröhre durch die bis auf eine kleine Strecke an der hinteren Seite umgreifenden Knorpelringe verhindert. Letztere werden zwar in den engeren Bronchien etwas unregelmässiger, aber erst den Aestchen von 4 mm Durchmesser fehlen sie ganz, wo in der Wandung reichliche elastische Fasern auftreten. Den etwas weiten Röhren sind die Ringe durch unregelmässig gestaltete Knorpelplatten ersetzt. Der knorpelige Theil wird von aussen von einem fibrösen, mit elastischen Fasern gemischten Gewebe überzogen, der äusseren Faserschicht. Die mittlere Schicht der Luftröhre bilden die Knorpelringe. An der Stelle, an der sie hinten ansetzen, ersetzt die Mittelschicht eine Lage quergerichteter glatter Muskulatur. An der äusseren Seite finden sich einzelne Muskelstreifen mit Längsbündeln. Diese Knorpelmuskelschicht wird durch eine Lage Bindegewebe: innere Faserschicht, die durch eine hyaline Grenzschicht, Basalmembran, begrenzt wird, mit der Schleimhaut, der innersten Schicht verbunden. Diese besteht aus ihrem innersten, ein geschichtetes Flimmerepithel tragenden Längsband, fast ausschliesslich aus dichtverbundenen, der Länge nach verlaufenden elastischen Fasern. Zwischen den mit nach dem Ausgang zu schlagenden

Fig. 191.



Epithel eines 4 mm starken Bronchialzweiges vom Hunde, frisch.  
Vergr. 320.

Wimpern besetzten cylindrischen Flimmerhaare stehen ziemlich gleichmässig vertheilt in reichlicher Anzahl Becherzellen, oben mit einer runden Oeffnung, aus welcher eine schleimartige Masse hervorragt und sich ablösen kann. Sie stehen vielleicht an Stelle einzelliger Schleimdrüsen. Ihr Entdecker ist F. E. SCHULTZE. In der Schleimhaut sind viele Schleimdrüsen eingebettet von demselben Bau, der uns von der Schleimhaut der Mundhöhle etc. her bekannt ist.

Die Drüsenbläschen der grösseren von den Drüsen sind mit Pflasterepithelzellen ausgekleidet. Es kommen aber auch einfache gabelige Drüsenschläuche vor, die ein Cylinderepithel führen. Während die Luftröhre wenig Blutgefässe und Nerven besitzt, ist dagegen reich an Lymphgefässen.

Die Lungen selbst sind zwei grosse dünnwandige, gewöhnlich mit Luft erfüllte, elastische Säcke, deren einzelne traubenförmige Ausbuchtungen

Blutgefässen, Nerven und Lymphgefässen durch ein bindegewebiges ~~Knorpelgewebe~~ verbunden werden. Von aussen sind sie überzogen von einer ~~sehr dünnen~~ Haut: Brustfell oder der Pleura, welche in ihrem Baue sich an das ~~Brustfell~~ etc. anschliesst. Sie besitzt Blutgefässe und Nerven, an denen KÖLLIKER Glienzenellen nachweisen konnte.

Jede Lunge besteht dem Wesen nach aus der Verästelung ihres Lufttröhrensystems — Bronchus dexter und sinister —. Die Bronchien verästeln sich wie die Ausführungsgänge der anderen traubenförmigen Drüsen baumförmig, so dass sich jeder grössere Ast meist in zwei, unter spitzem Winkel abtretende Äste spaltet. Die Zweige setzen diese Verästelung in derselben Weise fort, endlich eine sehr grosse Anzahl zarter und enger Bronchialzweige entstanden, die einen reich verästelten Baum darstellen. Nirgends communiciren die feinsten Endröhrchen der Bronchien mit einander. Sie finden sich in der ganzen Lunge, ebenso an der Lungenoberfläche wie im Innern. Die feinsten Bronchialzweige hängen mit den der Athmung dienenden Drüsenelementen der Lunge, mit den Lungenbläschen, den Alveolen der Lunge zusammen, so dass jeder mit einer Gruppe solcher Bläschen,

den kleinsten Läppchen traubenförmiger Drüsen entsprechen, sich vereinigt (Fig. 122).

In dieser Bläschengruppe stehen alle die zusammensetzenden Hohlräume oder Ausbuchtungen in einer, ziemlich offener Verbindung, umschliesst einen gemeinsamen Hohlraum, der sich aufwärts in einen einzigen Bronchialzweig verwandelt.

Dadurch unterscheidet sich die Lunge etwas von den traubenförmigen Drüsen. Bei den anderen Drüsen dieser Gattung hängt bekanntlich jedes einzelne Drüsenbläschen gleichsam an einem besonderen Stiele an seinem eigenen Ausführungsgange. Bei der Lunge haben dagegen alle zusammen ein Drüsenläppchen darstellenden Bläschen nur einen einfachen Ausmündungsgang.

Das solche Lungenläppchen hat eine birnförmige oder trichterartige Gestalt mit vielfach ausgeschachteten Wandungen, Luftzellen. Die Trichterform hat ihm den Namen Infundibulum eingetragen. Die Alveolen selbst sind endlich, nur an der Lungenoberfläche durch gegenseitige Abplattung mehr kegelförmig.

Der Bau der Bronchialzweige unterscheidet sich von dem der Trachea nicht nur durch die erwähnte Umgestaltung der Knorpelringe in unregelmässige Ringe, sondern auch dadurch, dass die glatten Muskelfasern bei ihnen eine vollständige Ringfaserlage bilden, die an der Stelle, wo der Uebergang in die Infundibula erfolgt, zu einem förmlichen »Sphincter« sich verstärkt und schleifenförmige Faserzüge bis zum Grund der Infundibula entsendet (RINDFLEISCH). Die Schleimhaut trägt dieselben Flimmerzellen wie die der Trachea. REMAK hat noch in den feinsten Bronchien traubenförmige Schleimdrüsen gefunden

Fig. 121.



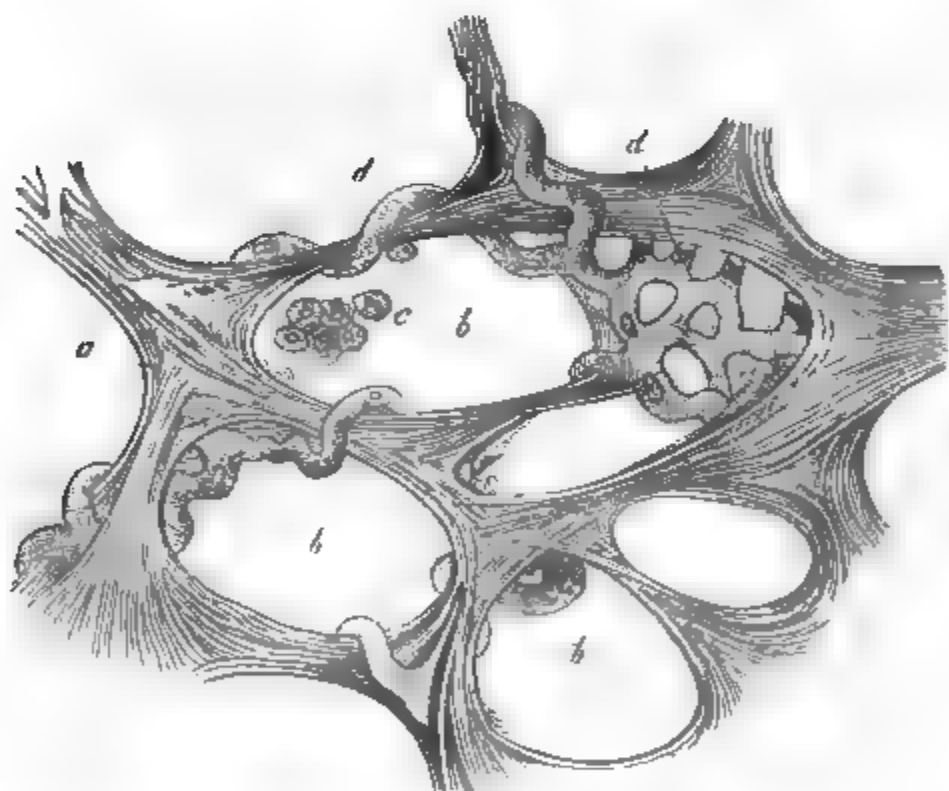
Zwei kleine Lungenläppchen *a a* mit den Luftzellen *b b* und den feinsten Bronchialästen *c c*, an denen ebenfalls noch Luftzellen sitzen. Von einem Neugeborenen. 25 mal vergr. Halb schematische Figur.

haben, F. E. SCHULZE vermisste sie dort. In weiteren Aestchen finden sie sich sehr zahlreich. Gegen das Ende der feinsten Bronchialzellen werden die Epithelzellen niedriger und nehmen endlich die Plattenform an. Die Lungenbläschen — Alveolen — bestehen nur aus einer Faserhaut und Epithel. Die Faserhaut besteht aus faserigem Bindegewebe mit elastischen Elementen und ist als Fortsetzung der Bronchialgewebe aufzufassen. Die elastischen Fasern bilden in ihr ein Balkennetz, von welchem das zartere, oft fast structurlos erscheinende Bindegewebe der Bläschenwand ausgespannt und gestützt wird (Fig. 423). Die Kapillargefäße liegen nur bis höchstens zur Hälfte in die Membran der Alveolen eingebettet, mit dem übrigen Theil ihrer Seitenwände ragen sie in das Lumen der Alveolen hinein. Die Innenwand der Alveolen sowie der ganzen Infundibula und Alveolengänge ist von einem continuirlichen, aber nur bei dem Fötus gleichartigen, bei dem Erwachsenen ungleichartigen Epithel ausgekleidet. Beim Fötus sind die Epithelzellen platt, 4-6-eckig, bei Individuen, die, wenn auch noch kurz geathmet haben, werden einige der Zellen grösser, heller, die Kerne verblassen, später werden sie grossen Zellen, unregelmässig eckigen oder leicht wellig begrenzten, dünnen structurlosen Platten, zwischen denen nur noch einzelne den fötalen ähnliche Epithelzellen liegen (F. E. SCHULZE).

Die einzelnen Abschnitte der Lunge werden durch lockiges Bindegewebe zusammengehalten, das durch seine bei dem erwachsenen Menschen reiche Eitelagerung von schwarzem

Lungenpigment, das bei Thieren meist fehlt, ausgezeichnet ist. Das Pigment besteht entweder aus regelmässigen oder unregelmässigen, krystallinischen Körnern, die sich manchmal auch an der Wand der Lungenbläschen selbst finden; es ist nicht in Zellen eingeschlossen. Das Pigment entsteht sicher zum Theil aus dem Blutfarbestoff, zum Theil aber eingeathmeter festgesetzter Staub, z. B. Kohlenstaub, an dem sogar hier und da noch mikroskopische Structuren der Pflanzentheile erkennbar ist (TRAUBE, VISCARDI u. A.). Durch diese Pigmenteinlagerungen, welche bei Individuen, die viel Staub von Kienoxyd arbeiten, ziegelroth erscheinen, werden die Lungenbläschen sich

Fig. 423.



Durchschnitt durch die Lungensubstanz eines Kindes von 9 Monaten (nach ECKHART). Eine Anzahl von Lungenzellen *b*, umgeben von dem elastischen Fasernetz, welche balkenförmig jene umgrenzen und mit der structurlosen dünnen Membran die Wandungen derselben *a* bilden; *d* Theile des Kapillarnetzes mit seinen rankenartig gekrümmten und in die Hohlräume der Lungenzellen einspringenden Röhren; *c* Reste des Epithelium.

sammensetzenden Läppchen auch für das freie Auge anschaulich gemacht. Gewöhnlich eine Gruppe von neben einander liegenden primären Läppchen zu einem secundäre

in Lappchen durch stärkere Pigmentablagerung abgegrenzt. Diese letzteren bilden sie von einem Bronchialzweige versorgt werden, eine grössere anatomische Einheit. Bezug auf die Gefässe lässt sich die Lunge mit der Leber vergleichen, indem sie drei verschiedene Gefässarten enthält, die sich in ein ungemein reiches Netz auflösen. Bei Lungen, deren Blutgefässe man mit einer gefärbten Masse eingeat, gewinnt es den Anschein, als setze sich die Wand der Alveolen nur aus Blutgefässen zusammen. Ein ähnliches Bild gibt die mikroskopische Beobachtung der lebenden Lunge, wo das Blut über die Alveolen scheinbar in breitem Bette sich ergiesst, aus dem kapillaren Wände, die dasselbe durchschneiden, kaum wahrnehmen kann. Das Netzwerk der Kapillaren ist das feinste im ganzen Körper, und umspinnt die Luftzellen sehr voll-

Äste der Pulmonalarterie, welche das venöse Blut des rechten Herzens in die Lunge führt, verzweigen sich in der Lunge meist den Bronchien entsprechend, doch etwas so dass sie früher als die letzteren zu feinen Gefässchen werden. Schliesslich erhält jedes Lappchen seine Arterie, die sich wieder nach der Zahl der primären Lappchen in drei Zweige spaltet, welche die einzelnen Alveolen versorgen (Fig. 124).

Diese Zweige der Art. pulm. verlaufen in dem Zwischengewebe der Lappchen, dann in die Wandung der Luftzellen selbst ein und lösen sich dort besonders in den elastischen Fasern auf. Erst hier lösen sie sich in das Kapillarnetz auf. In dem Venensystem setzen sich die Venen zusammen, die an den Lungenoberflächen liegen und in ihrem weiteren Laufe den Arterien und Bronchien sich anschliessen. In Injectionspräparaten sieht man, dass jedes feinste Gefässchen sich an dem Kapillarnetze mehrerer neben-

einander liegender Lappchen betheiligt. Die feinsten Gefässchen selbst zeigen hier und da Verbindungen mit anderen. Neben diesen für die eigenthümliche Function der Lunge bestimmten Gefässen besitzt diese noch ein Gefässsystem zur Ernährung ihres Gewebes, die Bronchialarterien. Diese führen aus den Bronchien arterielles Blut zu, geben Äste an die Lymphdrüsen an den grösseren Bronchien, die Bronchialdrüsen, ab und versorgen die Blutgefässe der Lunge, besonders die Arterien, reichlich mit Ergussgefässen.

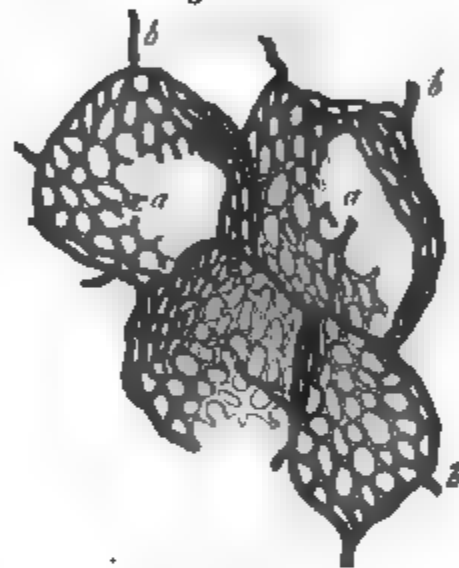
Auch die Pleura erhält durch sie das nöthige arterielle Blut. Die Kapillaren der Bronchialarterien scheinen ihr Blut theilweise dem des Kapillarnetzes der Lungenvenen zuzumischen, ein anderer Theil wird durch ein eigenes Venensystem (Vena bronchialis) abgeführt.

Die Lunge ist sehr reich an Lymphgefässen, die nicht nur ein reiches Netz über der Lungenfläche bilden, sondern auch vielfach in dem Gewebe selbst sich verzweigen und mit den Lymphdrüsen: Pulmonal- und Bronchialdrüsen zusammenhängen.

Der Vagus und Sympathicus senden ihre Zweige in die Nervengeflechte — Plexus pulmonalis anterior und posterior —, von denen die Zweige an und in die Lunge verlaufen, um sich an den Gebilden derselben zu verästeln. Im Lungengewebe selbst sah man Nerven zellen eingelagert, sie finden sich namentlich an den Stellen, wo die Nervenstämme verlaufen und wo sie sich mit Alveolensepta durchkreuzen; in den subepithelialen Schichten sind die (amyelinen) Nervenfasern Netze, in deren Knotenpunkten Nervenzellen liegen (S. 301).

**Entwicklungsgeschichte.** — Die Lunge tritt als Anhangsdrüse des Darmcanals auf und erscheint beim Hühnchen zuerst als eine hohle Auftreibung der Wand des Vorder-

Fig. 124.



Das respiratorische Kapillarnetz der Pferde- und Menschenlunge nach einer Gmelin'schen Injection. *b* Die die einzelnen Lungenbläschen mehr oder weniger ringförmig umgebenden Endäste der Arteria pulmonalis; *a* das Haargefässsystem.

darms, aus seinen beiden Schichten, Epithelrohr und der Faserwand (Rexan), bestehend. Er entsteht bei dem Hühnchen etwas später als die Leber, aber schon am dritten Tage (and v. Ba die Lungenanlage dicht hinter der letzten Kiemenspalte zu beiden Seiten der Speiseröhre. Die erste Bildung der Lunge scheint bei Säugethieren und Menschen wie bei den Vögeln zu verlaufen. BISCHOFF sah bei einem Hundeembryo, dessen Darm in der Mitte noch eine weit offene Verbindung mit dem Dottersack erkennen liess, die Lungenanlagen als zwei kleine dickwandige Ausstülpungen, die noch jede für sich im Anfang der Speiseröhre dicht hinter dem Schlunde einmündeten (Fig. 425); sie besteht aus einer unverhältnissmässig dicken, aus Zellen bestehenden Faserhaut und einem inneren dünneren Epithelrohr.

RATHKE, COSTE und KÖLLIKER fanden bei etwas entwickelteren Embryonen (Schaf 11. Tag, Mensch von 25—28 Tagen) die Lunge als zwei kleine birnförmige, mit einer einfachen Höhle



Fig. 425.  
Darm des Hundeembryo von unten vergr. dargestellt. Nach BRECHNER. a Kiemenspalte, b Schlund- und Kehlkopfanlage, c Lungen, d Magen, e Leber, f Wände des Dottersackes, in den der mittlere Theil des Darmes noch weit übergeht, h Enddarm.

versehene Säckchen, welche durch einen kurzen Gang in das Ende des Schlundes mündeten. Bei der weiteren Lungentwicklung wuchert die Faserschicht fort, das innere Epithelrohr erzeugt hohle Aussackungen und Knospen, die bald (dem Menschen von der 5. Woche beginnend) in jeder Lunge Bäumchen von hohlen Canälen mit kolbig angeschwollenen Enden bilden, das immer neue hohle Knospen treibt und auf diese Weise das respiratorische Höhlensystem liefert. Schon bei der Besprechung der Entwicklung des Herzens wurde die eigenthümlichen primären Lage der Lungen gedacht (S. 44). Noch im Anfang des zweiten Embryonalmonats nimmt das Lungenbäumchen die ganze Breite und Tiefe des Brustraums ein, unter demselben neben Speiseröhre und Magen, zwischen der Leber und dem WOLFF'schen Körper (cf. Harnorgane) liegt die Lunge, so dass sie über dem Zwergefell, dessen Lendentheil vornehmlich die Lunge eng umschliessenden Sack bildet. Im 3. Monat hat sie für ihre typische Lage neben und hinter dem Herzen Raum gewonnen, indem der Brustraum sich vergrössert, während das Herz in seinem Wachsthum relativ zurückbleibt. Die Entwicklung der Pleura entspricht der des Bauchfells.

Die Placenta ist das Athem- und Ernährungsorgan des Embryo. Die Placenta foetalis entsteht aus dem der Uteruswand zugewendeten Theil des Chorion, indem an dieser Stelle die Chorionzotten, in welchen sich nur hier die embryonalen Placentargefässe: die zwei Arterien und die Vena umbilicalis verbreiten, eine sehr bedeutende Entwicklung und mannigfachste Verästelung erfahren.

Die letzten Enden der so entstehenden Zottenbäumchen sind sehr verschieden gestaltet, kolbig aufgetrieben oder fadenförmig und bleiben ohne Ausnahme frei, ohne Verschmelzung mit dem mütterlichen Theil der Placenta. Sie zeigen alle aussen eine Epithelschicht aus Pflasterzellen. In jede Zotte tritt ein Ast der Umbilicalarterie ein, der sich bis zu den letzten Zottenausläufern verzweigt oder einfach schlingenförmig in die Vene übergeht. Die Gefässe des in sich geschlossenen Placentargefässsystems werden von der mütterlichen Placentarbildung (Placenta uterina) nur durch das dünne, offenbar sehr leicht für den Flüssigkeitsverkehr durchdringliche Epithel der Zotten getrennt. Die Blutgefässe der mütterlichen Placenta bestehen aus Arterien und Venen, welche aber nicht durch ein Kapillarsystem sondern durch ein System anastomosirender Lücken zusammenhängen, welche ganz und gar von den fötalen Chorionzotten getragen werden, so dass die Chorionzotten in diesen Bluträumen der mütterlichen Placenta liegen. Das Blut der Mutter umspült also die fötalen Zotten unmittelbar, so dass ein respiratorischer, ernährender und sekretorischer Stoffaustausch zwischen dem mütterlichen und embryonalen Blute stattfinden kann. Die Zotten bei

**freie Kiemen** in die sauerstoffhaltige Ernährungsflüssigkeit hinein. Wie bei dem Menschen ist bei den Carnivoren, Nagethieren und Affen der fötale und der mütterliche Theil untrennbar verbunden, so dass mit dem Gebärakt ein Losreissen des mütterlichen Theils von der Anheftungsstelle stattfinden muss. Bei den Wiederkäuern sind Fruchtkuchen ohne Zerreiſsung trennbar, obwohl die Vereinigung eine sehr innige ist. Pachydermen u. a. fehlt eine wahre Placenta, das Ei, z. B. des Schweines, am Uterus ganz lose verbunden, das Chorion trägt fast auf seiner ganzen Oberfläche Blättchen, welche in leichte Vertiefungen der Uterinschleimhaut eingreifen.

**vergleichenden Anatomie.** — Die Lunge der Vögel liegt im hintersten Theil der Brusthöhle, mit den Rippen verwachsen, Brust und Bauchhöhle sind nicht durch ein Diaphragma getrennt. Die Lungenoberfläche zeigt Oeffnungen, welche die Luft aus den Lungen in grosse zellige Lufträume in dem Herzbeutel und zwischen den Eingeweiden des Bauches führen. Diese Lufträume stehen durch besondere Oeffnungen mit den hohlen Knochen in Verbindung, so dass viele Knochen der Vögel mit Luft gefüllt sind, pneu- matische Knochen. Die Luftröhrenzweige bilden zuletzt kurze, blinde, pfeifenartig aneinander liegende Röhren, Lungenpfeifen, welche mit einander communiciren. Die Lungenknäuelchen zeigen Ausbuchtungen und gehen endlich in ein schwammiges Gewebe über. Bei den Reptilien sehen wir die Lunge von einfach sackartiger Anlage sich zu dem complicirten Organe entwickeln, das wir bei den Vögeln und Säugern finden. Bei den Fischen verwandelt sich bei den Dipnoi die Schwimmblase in eine Lunge, abführende Venen und abführende Arterien das Organ, das sonst noch ziemlich den Bau der Schwimmblase zeigt, nun als wahres Athmungsorgan erscheinen lassen (GEGENBAUR). Bei den Amphibien sind die Lungen auch noch Säcke mit zellenförmigen Vorsprüngen im Innern zum Zwecke der Oberflächenvermehrung. Bei den Reptilien vergrößert sich die Lungenfläche durch Vermehrung der Luftzellen. Bei den Schlangen, Krokodilen und Crocodilen ist schon jede Lunge in mehrere grössere und kleinere Abschnitte getheilt, die durch weite Räume communiciren. Bei den Schlangen zeigen die Lungen, indem sie sich vergrößern, eine Anpassung an die Körperform, die eine verkümmert dabei mehr röhrenförmig, oder auch gänzlich.

Die wesentlichen Athemapparate der Fische sind der Athmung im Wasser angepasst: die Kiemen, auch sie sind Gebilde, welche von der Wand des Darmrohres her entstehen wie die Kiemenblätter. Sie stehen mit Theilen des Visceralskeletes, den Kiemenbögen, in Zusammenhang, indem der Abschnitt des Nahrungscanals, welchen jene umziehen, als Athmungskiemenhöhle, fungirt. Der wesentlichste Charakter aller Kiemenbildung liegt in der Vermehrung der zu respirirende Medium gerichteten Oberflächenvermehrung der respiratorischen Membran. Zu diesem Zwecke besetzen Blättchen und cylindrische Fortsätze, in denen ein respiratorisches Blutgefässnetz verzweigt, in verschiedener Anzahl und Anordnung die Kiemenbögen, die entweder bei einfachem Bau der respirirenden Fläche zahlreicher wer- den, oder eine Reduction erkennen lassen, wenn der respiratorische Apparat sich in der einfachsten möglichen Weise complicirt. Am einfachsten, trotz bedeutender Anzahl von Kiemenbögen, ist der Kiemenapparat bei Amphioxus. Der vordere Theil des Nahrungscanals ist durch die Stäben des Visceralskeletes wird von vielen Spalten durchbrochen, durch welche das vom Munde aufgenommene Wasser an den respiratorischen Gefässen vorbei in den der Bauchhöhle mündenden Raum einströmt. Bei den Fischen wird das zu respi- rirende Wasser stets durch den Mund aufgenommen und gelangt fast ohne Ausnahme aus dem Mund durch die Kiemenhöhle und die äusseren Kiemenspalten wieder hinaus. Die Fische haben im Anfang aussen anhängende Kiemenbüschel, freie Kiemen, später athmen sie innere Kiemen, deren Kiemenhöhle sich nach aussen öffnet. Die Larven der Salamander haben Kiemenspalten, aber äussere Kiemen. Mit der Beendigung des Larvenzustandes behalten die meisten Fische äussere und innere Kiemen. Bei den Perennibranchiaten, z. B. dem Regenbogenforelle, bleiben dagegen die äusseren Kiemen zeitlebens in Function. Die äusseren Kiemen der Amphibien lassen sich (LEYDIG) als Fortsetzungen der äusseren Haut be-



trachten. Die äussere Haut steht überhaupt (cf. Hautathmung) mit der Respiration in Beziehung. Bei den niedersten Wirbellosen, bei denen man keine gesonderten Athmungsorgane antrifft, scheint die ganze Körperoberfläche dem Gasaustausch zu dienen. Bei den Lungenschnecken sackt sich die äussere Haut zu mehr oder weniger geräumigen Lungenbläsen ein, und die Kiemen der Echinodermen, Annulaten, Mollusken und Krebse tragen durchweg, so mannigfach ihre äussere Gestalt sich abändern mag, den Charakter von Fortsetzung der äusseren Haut (LEYDIG). Nur bei wenigen Wirbellosen (Balanoglossus, Tunicaten) ist der Athemapparat wie bei den Wirbelthieren mit dem Darmcanal in Beziehung (GEGENBAUR). In einer weitem grossen Gruppe von wirbellosen Thieren wird der Athmungsprocess dadurch unterhalten, dass Luft oder Wasser das Innere des Körpers selbst durchströmt, in luftführenden Gefässen, Tracheen, oder in wasserführenden Gefässen, Wassergefässsystem (Herz und Blutgefässe). Die Athmung durch Tracheen finden wir bei Arachniden, Insekten und Myriapoden. Die Tracheen sind cylindrische oder platte Röhren, welche meist nach einer Verästelung in die Organe eintreten oder sie umspinnen. Auch die sogenannten Lungen der Spinnen sind nur plattgedrückte, fächerförmige Tracheen (LEUCKART, LEYDIG). Nach aussen besitzen die Tracheen eine bindegewebige Hülle, nach innen eine Chitinauskleidung, welche meist in Form einer Spiralfaser in das Röhrenlumen vorspringt und letzteres offen erhält. Die Tracheen öffnen sich paarig zu beiden Seiten des Körpers; ihre querovalen Oeffnungen, die Stigmata, sind durch Klappenvorrichtungen zu öffnen und zu schliessen. Bei vielen im Wasser lebenden Insektenlarven ist das Tracheensystem dagegen nach aussen geschlossen, so dass dieses das im Wasser enthaltene Gas wie Kiemen aufnehmen muss. Bei den durch Tracheen athmenden Thieren gelangt die Luft direct zu den feinsten Organelementen und in Berührung mit der Blutflüssigkeit. Während bei den durch Kiemen oder Lungen athmenden Thieren das Blut die Athmungsorgane aufsucht, so sucht bei den durch Tracheen athmenden Thieren die Luft das Blut auf (CUVIER).

### Chemie des Lungengewebes und der Pleuraflüssigkeit.

Der Reichthum an ernährenden und besonders an Lymphgefässen spricht dafür, dass im Lungengewebe lebhaft chemisch-physiologische Vorgänge statthaben.

CLOETTA fand in der Lunge (des Ochsen) Inosit, Harnsäure, Taurin und Leucin. NEUKOMM fand auch Harnstoff und Oxalsäure im Lungengewebe eines an Bright'sche Krankheit gestorbenen Menschen. Nach der älteren Angabe von VERDEIL findet sich in der Lungensubstanz eine eigenthümliche stickstoffhaltige Säure, welche, in das Blut aufgenommen, ebenso die gebundene Kohlensäure austreiben könnte, wie eine andere zugesetzte Säure. CLOETTA ist diese »Lungensäure« Taurin. Nach dem Tode reagirt die Lungensubstanz dem sauer. Es rührt das offenbar daher, dass die sich auch im Leben bildende Säure wie in anderen Geweben nach dem Tode nicht mehr durch die Wirkung der Blutcirculation gewaschen wird und sich nun anhäufen kann. Daraus folgt im Leben eine fortwährende Säureaufnahme des Blutes aus dem Lungengewebe. Sie macht es verständlich, weshalb das Blut, nachdem es die Lungen durchsetzt hat, weniger reich an nur durch Säurezusatz freizutreibender Kohlensäure ist: Die Lunge ist, wie die Muskulatur und die Mehrzahl aller übrigen Gewebe des Körpers, welche Säure entwickeln, ein aktives Kohlensäure-Ausscheidungsorgan (LUDWIG) (cf. unten).

Die Asche der Lunge wurde von C. W. SCHMIDT nach den klinischen Gesichtspunkten KUSSMAUL's untersucht. Es finden sich vorwiegend phosphorsaure Verbindungen. Natronsalze überwiegen die Kalisalze. Das Natron kommt auch als Kochsalz vor. Beachtenswerth ist der hohe Eisengehalt (auch als phosphorsaure Verbindung), der wohl von Lungenpigmenten stammt. Ein in den Lungen Erwachsener gefundener Kieselsäure-(Sand-)gehalt stammt von eingeathmetem Staube, ebenso Thonerde (Glimmer), Eisenoxyd und Kohle (S. 502).

Die Pleuraflüssigkeit enthält normal sehr wenig feste Stoffe, darunter 2,8—30% Eiweiss. Spontan bildet sie meist nur eine geringe Fibringerinnung, welche meist nach Zusatz von wenig Blut (cf. Fibrin bei Blut). Nach E. EICHWALD jun. könnte in der Pleurahöhle eine Peptonbildung stattfinden. Spritzte er Blut in dieselbe ein, so wurde es — 3 Tagen resorbirt, in dem noch nicht vollkommen resorbirten Reste konnte er Eiweiss nachweisen. Vielleicht spielt diese Umwandlung auch bei der Resorption der pleurischen Exsudate eine Rolle. EICHWALD glaubt aber, dass bei normaler Thätigkeit die Lymphgefässe die Resorption unveränderter Eiweissstoffe durch dieselben nicht zu bewirken vermögen.

### Die Athembewegungen.

Im Lungenbau ist dem Blute in reichem Maasse Gelegenheit gegeben, mit der Luft in Wechselbeziehung zu treten. Es ist hier vor Allem wirksam eine grosse respirirende Fläche, auf welche das Blut ausgegossen wird, aus der eine sehr bedeutende Vertheilung, welche jedem kleinsten Blutgefäss Gelegenheit gibt, mit Luft in Berührung zu kommen. Die zarten, feinen Wände der Alveolen setzen dem Gasverkehr einen nur geringen Widerstand entgegen. Doch reicht die Intensität eines nur auf Diffusion beruhenden Gasaustausches zwischen dem Blute und der Luft nicht hin, um in genügend kurzer Zeit die im Blute des Menschen nöthige Erneuerung des Blutes zu bewirken.

Hier tritt dazu noch ein weiterer Faktor in Wirksamkeit, nämlich die Athembewegungen des Thorax und mit diesem der Lungen. Die Bedeutung der Athembewegungen ist darin zu suchen, dass sie den an sich langsamen Gasaustausch zwischen der Luftschicht zu Luftschicht in der Lunge dadurch unterstützen, dass sie an Stelle eines Theiles der Lungenluft, die sich schon mit den in der Lunge ausgeschiedenen Produkten des Blutes, namentlich Kohlensäure, beunruhigt und in der darum die Intensität der Diffusionsvorgänge eine geringere ist, normal beinahe kohlensäurefreie Luft zuführt, mit welcher der Gasaustausch entsprechend intensiver sein kann. Der mechanische Luftwechsel bewirkt durch die Respirationsbewegungen hat die Aufgabe, die Intensität der Diffusion zwischen der Luft und den Gasen des Blutes auf einer bestimmten Höhe zu erhalten. Sowie sich der Kohlensäuredruck in der Lungenluft erhöht, so dass dadurch die Diffusion bis zu einem gewissen Grade ausser Acht gelassen wird, wird Athembewegung eingeleitet, dadurch ein kohlensäurereicher Luft ausgestossen und frische kohlensäurearme Luft eingenommen, in der die Diffusion mit neuer Energie vor sich gehen kann.

Der Thorax hat bei seinen Bewegungen eine gewisse Aehnlichkeit mit einem Kegel.

Er wird durch die Einathmung ausgedehnt, sein Innenraum vergrößert. Die Folge ist, dass Luft in ihn durch die Luftröhre einströmt. Wenn sich dagegen um ebensoviel verkleinert bei der Ausathmung, wird die eingeathmete Luft gleiche Luftmenge durch die Luftröhre wieder ausgestossen.

Die Vergrößerung des Brust- und Lungenraumes durch die Inspiration ist ein aktiver Vorgang, der Wirkung quergestreifter Muskeln beruhend. Die Verkleinerung des Brustraumes geschieht theils durch eine Veränderung der

Rippenstellung, theils durch Herabdrücken des Zwerchfelles. Es erfolgt durch eine Ausdehnung des Brustraumes nach allen seinen Durchmessern.

Das Zwerchfell wölbt sich im erschlafften Zustande kuppelförmig in den Brustraum herein und liegt mit seinen Seitenrändern an der inneren Brustwand an. Durch die Zusammenziehung verflacht sich seine Wölbung, seine Ränder heben sich von der Brustwand ab; der besonders im Längsdurchmesser vergrößerte Brustraum wird von den allen seinen Veränderungen folgenden luftdicht in ihn eingefügten, Lungen sogleich ausgefüllt. Durch das Herabdrücken des Zwerchfelles wird der Inhalt der Bauchhöhle unter einen starken Druck versetzt, welcher theils die elastische Bauchwand vorwölbt, theils den comprimibaren Theil des Bauchinhaltes — die Darmgase zusammendrückt. Die Rippen liegen um den Brustraum nicht als vollkommen starre, unbewegliche Knochenringe; ihre Gelenke und die elastische Biegsamkeit ihrer Knorpel gestatten sie sich an das Brustbein ansetzen, gestatten ihnen eine doppelte Bewegungsweise. Sie können erstens direct mit dem Brustbein etwas nach außen gezogen werden, andererseits erlauben sie eine Drehung, durch welche die in der Ruhe nach abwärts gerichtete Convexität nach aussen und aufwärts gewendet wird, wodurch die Breitenausdehnung des Brustraumes zunimmt. Die Ringe, welche zwei Rippen mit dem dazu gehörigen Brustbeintheile verbinden, sind stark nach abwärts geneigt und die unteren treffen die oberen an Umfang und Dicke, so muss durch ein Emporheben der Vorderfläche des Thorax, durch die Hebung der Rippen geschieht, der Brustraum auch in dem Durchmesser von vorne nach hinten erweitert werden. Dazu kommt noch A. RAYSON, dass bei angestrengtem Athmen die Rippen des Menschen sich biegen können, so dass bei voller Einathmung erscheinen dabei die Rippen länger, bei forcirter Ausathmung kürzer, ein Unterschied der etwa 1,5 cm betragen kann. Bei Kindern und jungen Frauenzimmern ist die Biegsamkeit der Rippen stärker, als bei älteren Männern.

Die Stellung der Rippen, in der sie weder zusammengedrückt noch auseinander gezerrt sind, ist ihre Ruhelage, in welcher sich ihre elastischen Kräfte im Gleichgewichtszustande befinden. In diese mittlere Ruhelage streben sie stets zurückzufedern, wenn sie in der einen oder der anderen Richtung von dieser entfernt werden. Aus der Untersuchung frischer Präparate fand W. B. dass diese Ruhelage einer beginnenden Inspirationsstellung entspricht. Ein Theil des elastischen Zuges, welchen die Lungen auf die innere Fläche des Thorax ausüben, wodurch sie ihn zu verkleinern streben, wird durch die Elasticität der Rippenknorpel paralytirt. Während, wie wir gesehen haben, die elastischen Kräfte der Lunge, unterstützt von der Schwere des unteren Theils der Brust, eine expiratorische Verkleinerung des Brustraumes anstreben, sehen wir also die elastischen Kräfte der Rippen eine inspiratorische Erweiterung bewirken. Ein Theil der elastischen Kräfte, die bei der Athmung in Frage kommen, hält sich sonach das Gleichgewicht. Der Uebergang von der Inspiration und gesteigerte Expiration erfordert daher ohngefähr gleichen Kraftaufwand.

Die normale Inspiration wird nur durch die Thätigkeit des Zwerchfelles und des Musculus scalenus anticus und medius auf jeder Seite und der Intercostales externi hervorgerufen, die Intercostales interni senken die Rippen C.

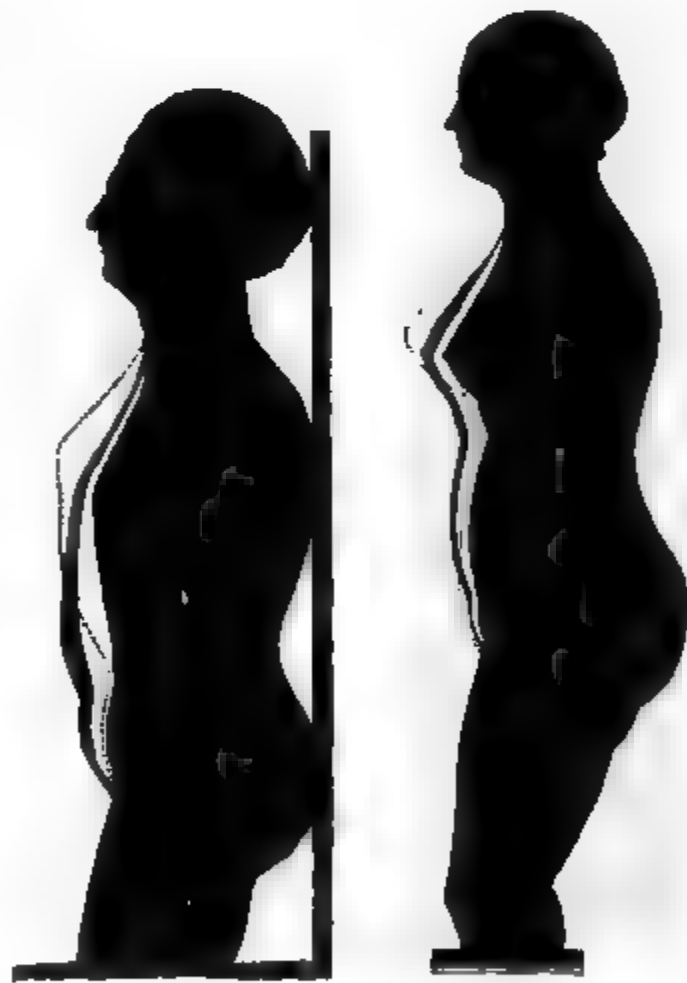
der Inspiration, am deutlichsten bei Athemnoth, sehen wir noch weitere Muskeln mit in Aktion eintreten, zuerst die Rippenheber, Levatores costales Serrati postici. Bei angstvoller Athembehinderung kommen noch Sternocleidomastoideus, Pectoralis, Serratus anticus jeder Seite mit hinzu. Gleichzeitig sehen wir die Zugänge zu der Luftröhre, die Nasen- und Mundhöhleneingänge, die Stimmritze sich erweitern und an der Athemthätigkeit sich betheiligen. In allen Muskeln des Körpers treten krampfartige Contractionen zu Tage. Die oberen Extremitäten werden krampfhaft angestemmt und dadurch festgestellt, wodurch für die benannten Inspirationsmuskeln feste Ansatzpunkte geschaffen werden, die die Rippen emporziehen können. Der Verlauf der Athembewegung geht im Allgemeinen von hinten oben nach vorne unten. Je nach der Thätigkeit des Zwerchfelles oder der Brustmuskeln bei dem Athmen, unterscheidet man das Kostal-Athmen von dem Abdominal-

Bei dem ersteren Athemtypus wird mehr die Brust, bei dem letzteren der Bauch hervorgewölbt und ausgedehnt. Der Abdominaltypus herrscht bei ruhigem Athmen bei dem männlichen, der Kostaltypus bei dem weiblichen Geschlechte vor. Bei sehr verstärkten Athembewegungen

kehrt der Umstand dagegen zurück, dass die Brust hervorstehen, stehen stets, wie sich schon bei Betrachtung der Athemhülfsorgane ergibt, hauptsächlich durch die Hervorwölbung des Brustkorbes. Die Ausdehnung ist dabei sogar geringer als bei normalen Athmen, da die Rippen nicht an dem allgemeinen Ausdehnungsbestreben theilnehmen. Die verschiedenen Abbildungen von der Brust und dem Bauch machen diese Verhältnisse sofort anschaulich. Die Begrenzung der schwarzen Fläche stellt die Ausdehnung der Brust und des Bauches bei tiefster Einathmung dar. Die verschiedene breite Linie entspricht den ruhigen Ausathmen. Der vordere Theil der schwarzen Fläche der Ein-, der hintere Theil der Ausathmung. Die punktirte Linie zeigt die Ausdehnung bei Inspiration.

**Ausathmung, Expiration.** Nach der Inspiration zieht im normalen Athmen, nur durch passive Wirkungen. Das aktive Zwerchfell dehnt sich wieder aus und wird durch die vorhin in den Bauchwandungen gedrückten Baucheingeweide wieder in die Höhe gedrückt. Die Rippen sinken wieder herab, theils durch die Schwere, theils durch die vorhin von dem Muskelzug überwundene Elasticität ihrer

Fig. 196.



Knorpel diese und damit die Rippen wieder in ihre Ruhelage zurückzieht. Allem betheilt sich aber an der expiratorischen Verengerung des Brustraum die Lunge selbst mit ihren elastischen Kräften. Nach F. RIEGEL geht die Inspiration ohne Pause in die Expiration über und auch zwischen zwei Gesammtathmungen (In- + Expiration) ist meist kein bemerkbares zeitliches Inter-

Die Lunge ist so in den Brustraum eingefügt, dass sie allen seinen Bewegungen Folge leisten muss. Es wäre eine solche Verbindung dadurch zu erreichen gewesen, dass die elastische Lungenoberfläche und Brustwand mit einander verwachsen wären. In Wirklichkeit ist die Verbindung hergestellt durch die Wirkungen des einseitig gesteigerten Luftdruckes. Wir sind nicht im Stande, die Glocke einer ausgepumpten Luftpumpe von der Unterlage abzuheben, da sie durch den Druck der äusseren Luft fest auf der Unterlage angepresst wird. Machen wir den Luftdruck auf beiden Seiten der Glocke innen und aussen, gleich, so ist das Abheben vollkommen leicht; so lange also die Luftverdünnung besteht, scheinen Glocke und ihr Untersatz aus einem Stück zu sein. Machen wir die Glocke nicht von Glas, sondern von einem sehr elastischen Material, so sehen wir sie sich durch das Auspumpen immer mehr und mehr an ihre Unterlage anpressen, bis endlich bei entsprechender Gestalt der Unterlage letzteren der Zwischenraum zwischen beiden ganz verschwunden ist. Die elastische Haut schmiegt sich fest an die starre Unterlage an und lässt sich nicht von ihr entfernen, bis wir wieder Luft zuströmen lassen. Haben wir einen elastischen, leicht ausdehnbaren Beutel in eine Flasche gehängt und verdünnen zwischen ihm und der Wand die Luft durch Auspumpen oder Ausaugen, so sehen wir den Beutel sich fest an die Wandung anschmiegen und, wenn letztere beweglich ist, allen Bewegungen derselben folgen. Es hat dann ganz das Aussehen, als wäre der elastische Beutel an die Wände angekittet. Am besten verwendet man zu einem solchen Versuche als Beutel die Lunge eines kleinen Thieres, da eine solche ungemein ausdehnbar ist. Sie legt sich in der beschriebenen Weise an die Wandungen an, wenn die Luft zwischen ihnen verdünnt wurde, wobei sie sehr bedeutend ausgedehnt wird, und sinkt wieder auf ein kleines Volumen zusammen, wenn Luft zwischen ihre Oberfläche und die Wandung des Gefässes einströmt. Analog ist die Einfügung der Lunge in den Brustraum. Die Lunge liegt mit ihren Wänden direct der inneren Oberfläche des Thorax luftdicht an und ist über ihr natürliches Volum ausgedehnt. Sowie Luft von aussen her zwischen die Brustwand und die Lungenoberfläche Zutritt gestattet ist, indem etwa durch einen Stich die sogenannte Pleurahöhle geöffnet wurde, so stürzt die Luft mit Gewalt, pfeifend herein und die Lunge sinkt auf ihr natürliches Volumen zusammen. Eine wahre Pleurahöhle kann natürlich nicht existiren, da die Lungenoberfläche — das viscerele Blatt — der Brustinnenwand — dem peripherischen Blatte — genau anliegt. Nur eine geringe Menge seröser Flüssigkeit ist zwischen ihnen vorhanden und erleichtert die Verschiebung der beiden Blätter an einander.

Die Verhältnisse der Lungeneinfügung sind also so, als wäre zwischen Lungenoberfläche und Thoraxwand die Luft vollkommen ausgepumpt und die Lunge dadurch nicht unbedeutend ausgedehnt. Bei dem ungeborenen Kinde liegt die noch nicht mit Luft gefüllte atelectatische Lunge dicht an der Brustwand an, der Brustraum ist namentlich durch das heraufgedrängte Zwerch-



leinert, so dass ihn die noch nicht ausgedehnten Lungen mit den übrigen eingeweiden vollkommen ausfüllen. Zwischen Lungenoberfläche und Brustwand ist keine Luft und kann unter normalen Bedingungen auch keine sein. Sobald das Kind zu athmen beginnt, so erweitert die erste Inspirationsbewegung den Brustraum. Da keine Luft zwischen die Lunge und die Brustwand treten, diese sich auch nicht von der letzteren entfernen kann, so wird die Lunge mit ausgedehnt, ihre Luftzellen erweitert. Nun strömt Luft in die Lungen ein, füllt sie bis zu ihren letzten Endausbuchtungen an und lässt sie nun durch äusseren Druck nicht mehr vollkommen aus ihnen entfernen. Bleibt die Lunge nach der ersten Athmung schon etwas über ihr natürliches Volumen ausgedehnt. Bekanntlich wird der bleibende Luftgehalt der Lunge nach der ersten Athmung zur sogenannten Lungenprobe in der gerichtlichen Medizin benutzt. Eine Lunge, die einem Kinde, das geathmet hat, angehört, schwimmt auf Wasser geworfen, während eine Lunge eines vor der ersten Athmung verstorbenen Kindes, wenn sich nicht, z. B. durch Fäulniss, reichlich Gas in ihr gebildet haben sollten, darin untersinkt. Mit der zunehmenden Körperentwicklung wächst der Brustraum in stärkerem Verhältniss als die Lunge, die Ausdehnung der Lunge nimmt dadurch mehr und mehr zu.

In der Brusthöhle herrscht durch diese Einfügungsart der Lunge ein negativer Druck oder vielmehr Zug; den wir bei der Bluthbewegung nicht unbedeutend betheiligt fanden. Die elastischen Kräfte der über ihr natürlichen Volumen ausgedehnten Lunge sind bestrebt, diese zu verkleinern und auf ihr natürliches Volumen zurückzuführen. Alles was in ihrer Nähe frei beweglich ist, wird dadurch angezogen, elastische Hohlräume, z. B. das Herz, vor Allem die Vorkammern und Gefässe ausgedehnt. Bei der Erweiterung des Thorax durch die Einathmung wird die Lunge noch weiter ausgedehnt, der negative Druck im Brustraum also noch weiter verstärkt. Bei mageren Individuen sehen wir daher bei den Expirationen die Interkostalräume einsinken, bei fetteren Fissura sterni oder bei erworbenen Lücken im knöchernen Brustkorb über dem Herzen, ebenso die die Lungen und das Herz deckende Pleura. Sowie die Muskelkraft der Einathmung nachlässt, welche die Ausdehnung des Brustkorbes bewirkte, kommt die Elasticität des Lungengewebes zur Geltung und betheiligt sich an der Rückführung des Thorax in seine Ruhestellung, da sich letzterer nun seinerseits auch nicht von der Lungenoberfläche entfernen kann. Die elastischen von der Lunge ausgedehnten Organe üben selbstständig auch ihrerseits wieder einen Zug auf die Lunge aus, ebenso das Blut bei seiner aktiven Verkleinerung (Systole).

Bei gehemmter Athmung tritt auch bei der Expiration Muskelwirkung ein. Die Expirationsmuskeln sind, ausser den Intercostales interni (ONIMUS), vor Allem die Bauchmuskeln, welche die Rippen nach abwärts ziehen und durch ihren gleichzeitig auf die Eingeweide ausgeübten Druck das Zwerchfell nach abwärts drängen. Der Quadratus lumborum und der Serratus posticus inferior können sich an dem Herabziehen der Rippen betheiligen, das nach demselben Principe den Brustraum verengert, wie ihn das Hinaufziehen verengerte. Dabei können die Lungen bei geschlossenen Athemöffnungen so zusammengepresst werden (cf. S. 454), dass dadurch der Druck im Brustraum ein positiver wird, was man an der Hervorwölbung der Inter-



kostalräume oder dem sackartigen Hervorpressen der Hautdecke über L und Lunge bei angeborener Fissura sterni und analogen erworbenen Brkorbdefecten direct sehen kann.

Die Erweiterung und Wiederverengerung des Thorax und damit das Volumen der aus- und eingeathmeten Luftmenge ist bei ruhigem Athmen nicht bedeutend. Es kann durch das stärkste Athmen weit mehr Luft ein- und ausgeathmet werden. Die Menge Luft, welche nach der stärksten Inspiration ausgeathmet werden kann, nennt HUTCHINSON Vital-Kapazität der Lunge, welche bei den Erwachsenen etwa zu 3772 cc bestimmte. Auch nach der tiefsten Expiration ist noch ziemlich viel Luft in der Lunge enthalten. Diese rückständige Luft beträgt zwischen 1200—1600 cc. Nach einer gewöhnlichen, seichten Ausathmung bleiben noch etwa 3000 cc zurück (2500—3400). Der Ueberschuss über die erstere Menge wird als Reserveluft benannt. Die Menge der bei einem gewöhnlichen, ruhigen Athemzug ein- und ausgeathmeten Luft, die Respirationsluft, beträgt etwa 500 cc. Was bei tiefster Inspiration mehr genommen wird, heisst Complementärluft. Es wechseln diese Grössen bedeutend bei verschiedenen Individuen und Körperzuständen, namentlich Ruhe und Bewegung. Aus den angeführten Zahlen ergibt sich, dass bei der gewöhnlichen Athmung kaum mehr als  $\frac{1}{6}$  der in der Lunge enthaltenen Luft erneuert wird (Fig. 127) und zwar vor allem nur in der Trachea und den grösseren Bronchien.

Fig. 127



Nach HUTCHINSON. Die verschiedenen beim Athmen unterschiedenen Luftvolumina. *a b* rückständige Luft, die nach möglichst tiefem Ausathmen noch in der Lunge verbleibt. *b c* Reserveluft, *c d* Respirationsluft, *d e* Complementärluft. *b e* Vitale Kapazität oder Athmungsgrösse.

Die Alveolen werden sich zunächst nur aus der in den feinen Bronchien enthaltenen Luft füllen können, so dass die Erneuerung ihres Inhaltes nicht so gross sein kann, als in den anderen Schichten der Lunge. Die Luft zeigt stets den grössten Kohlensäuregehalt, die direct an den Lungenbläschenwandungen anliegende Luftschicht kann sich in ihrer Kohlensäurespannung nicht von dem Blute selbst unterscheiden.

**Messapparate der Athembewegung.** — Die Vitalkapazität wird durch Ausathmen in eine in Wasser getauchte und mit Wasser gefüllte Glocke: Spirometer, welche das Messen des eingeathmeten Luftvolumens erlaubt, bestimmt. Damit das Gewicht der Glocke das Ausathmen nicht behindert, ist dieses durch drehbare hängende Gewichte äquilibrirt. Zur Messung kann auch eine graduirte Gasuhr, in welche durch einen angesetzten Schlauch die Luft eingeathmet, d. h. geblasen wird, verwendet werden (VITENKOFER). In der ärztlichen Praxis haben diese Instrumente keine Anwendung gefunden, da es einige Uebung im Athmen bedarf, um richtige Zahlenwerthe erhalten werden sollen. Die Ausdehnung des Brustraumes bei jedem Athemzug wird durch Thorakometrie gemessen, unter denen ein gewöhnliches Centimeterband, das man um die Brust legt, und mit dem man während der Bewegung den Excursionen derselben messend folgt, das einfachste und zweckmässigste scheint. MARY'S Pneumograph ist ein Instrument zum Theil aus einem elastischen Hohlzylinder bestehend, das

bei der Inspiration erweitert und mit einem Manometer verbunden seinen Luftdruck auf einer Kymographiontrommel registriren kann. Durch Einstechen von Nadeln kann man an

**Bewegung messen und sich auch selbst registriren lassen, z. B. durch Anschlagen n.** Bei ROSENTHAL's Phrenograph wird ein Fühlhebel vom geöffneten Abdomen s Zwerchfell angelegt, dessen Bewegungen man direct beobachten oder sich in der schen Weise aufschreiben lassen kann.

**Geräusch.** — Das Einströmen der Luft bringt in den Athemorganen Geräusche: e r ä u s c h e hervor, deren Veränderungen durch krankhafte Zustände für den Arzt von eit werden. Man hört sie, wenn man das Ohr auf die Brust auflegt. In den starren, Hohlräumen: der Luftröhre, den grossen Luftröhrenästen, ist das Geräusch einfach l; in den feineren Bronchien mehr »schlürfend«, zischend. Man nennt dieses letztere, ähnliche Geräusch vesikuläres Athmen, das erstere, h ähnliche bronchiales i. Das vesikuläre Athmen zeigt sich normal nur deutlich bei Kindern, bei denen Ausathmung ein deutliches Geräusch verursacht. Bei gesunden Erwachsenen sind usche undeutlich, bei der Expiration meist gar nicht vernehmbar. Durch verstärkte Expirationen unter dem Einfluss von Gemüthsbewegungen oder Leidenschaften r auch bei Erwachsenen laut hörbare Geräusche, die in dem Rachen, der Stimmritze Luftröhre entstehen: Seufzen, Gähnen, Schluchzen, Lachen. Bei jeder on wird ein Druck auf die Baueingeweide ausgeübt; wird derselbe willkürlich durch ss der Stimmritze nach starker Einathmung verstärkt, und werden gleichzeitig die skeln kräftig contrahirt, so können dadurch Mastdarm, Blase, Uterus in ihrem Ent- bestreben unterstützt und entleert werden: Bauchpresse.

negativen Druck im ruhenden Thorax durch die Elasticität der hat DONDERS zu etwa 6 mm Quecksilber bestimmt, indem er an der Leiche die Luft- tdicht durch ein Manometer verschloss und nun die Brusthöhle durch Einstechen Contractionen der Bronchienmuskulatur werden durch Verengung der n. deren Raum dann auch zum Theil von dem Alveolengewebe der Lunge eingenom- len muss, den negativen Druck in der Lunge steigern können. Der negative Druck Lungen existirt bei dem Fötus und bei dem Neugeborenen vor der ersten ng noch nicht, da sonst Fruchtwasser in die Lungen eintreten müsste. Durch die mung tritt eine dauernde Erweiterung des Brustraums ein und damit jener negative elcher sich sofort auf die von DONDERS gefundene Höhe von 6—7 mm Quecksilber . BERNSTEIN).

Spannung der Luft in der Lunge erfährt bei ruhigem Athmen nur geringe ungen. In der Luftröhre beträgt sie bei der Expiration höchstens 2—3, bei der n nur 1 mm Quecksilber, in den Lungen selbst sind die Druckveränderungen meist inger. DONDERS führte in ein Nasenloch luftdicht ein Manometer ein, dessen Queck- nd er auf einer Kymographiontrommel registrierte. Bei stärkster Athembewegung sah egativen Inspirationsdruck auf 36—74 mm, den positiven Expirationsdruck auf mm Quecksilber steigen. Bei schwachen und stärksten Athembewegungen fand ich he Verhältniss, dagegen finde ich bei mittelstarkem Athmen die Druckverhältnisse und Einathmung gleich.

gewöhnlichen Inspiriren wird der Widerstand, welchen die Lungen ihrer Ausdeh- gegensetzen, das Gewicht des Thorax u. s. w. durch Muskelaktion überwunden. Die velche bei einer Inspiration gewöhnlich zur Verwendung kommt, t DONDERS, abgesehen von der Torsion der Rippen, zu 42,8 Kilogramm. Beim ge- en Expiriren wirkt dieses Gewicht grösstentheils als Elasticität.

ERN deducirt, dass bei der Inspiration als Resultat der Zwerchfell- und Thorax- ion eine gewisse Ungleichheit in der Ausdehnung der Lungen auftrete, o bedeutender ist, je mehr die Thätigkeit der Thoraxwand überwiegt. Im Allge- werden die Oberlappen stärker gedehnt, als die unteren, und speciell die Umgebung ernen Ränder am stärksten. Der Grund liegt darin, dass der Widerstand der gedehn- enmassen die Form und Bewegungsrichtung der starren oder nahezu starren Thorax-

wand nicht zu ändern vermag, und die durch die Thoraxwand allein bewirkte ungleiche Dehnung durch die Mitaktion des Zwerchfells meist nur theilweise ausgeglichen werden kann.

**Gaserneuerung in der Lunge.** — GRÉHANT hat den Verkehr der eingeathmeten Luft mit der schon in der Lunge befindlichen dadurch zu bestimmen versucht, dass er auf einmal 500 cc Wasserstoff einathmete, und nun bei nachfolgender Luftathmung den Zeitpunkt bestimmte, wann aller eingeathmete Wasserstoff die Lunge wieder verlassen hat. Er fand die Athemluft erst nach dem 6.—10. Athemzuge wieder wasserstofffrei. Annähernd so wird sich auch mit der eingeathmeten atmosphärischen Luft verhalten. Nach der ersten Ausathmung (500 cc) sollen von den 500 cc Wasserstoff noch 330 cc in den Lungen sein, welche gleichmässig vertheilt haben. Dieses Resultat überträgt GRÉHANT direct auf die eingeathmete atmosphärische Luft. Jeder Cubikcentimeter Alveolenluft würde dann bei einem mittleren Lungenvolumen von 2930 cc bei einer Einathmung von 500 cc atmosphärischer Luft  $= 0,443$  cc frischer Luft mit 0,023 cc O erhalten. Diese Zahl 0,443 cc wird als Ventilation coefficient bezeichnet, dessen Grösse, wie man sogleich sieht, von dem Lungenvolumen dem inspirirten Luftvolum abhängig ist. Das Lungenvolumen bestimmte GRÉHANT ebenfalls durch Wasserstoffeinathmung, indem er aus einem geschlossenen Raume, der präparirt 4 Liter Wasserstoff enthielt, so lange athmete (4—6 Athemzüge genügten), bis sich der Wasserstoff gleichmässig in der Lungenluft und der ausgeathmeten Luft vertheilt hatte. Er bestimmte nun den restirenden Wasserstoffgehalt in dem anfänglich ganz mit Wasserstoff angefüllten Gefäss und konnte nun unter der Annahme, dass der fehlende Wasserstoff sich in der Lungenluft in demselben Procentverhältniss vertheilt hatte wie aussen, das Lungenvolumen berechnen. Er fand so bei Erwachsenen eine Schwankung des Lungenvolumens von 2490 bis 3220 cc (cf. oben S. 511).

### Die Frequenz der Athemzüge und der Nerveneinfluss auf die Athmung.

Die Zahl der Athemzüge in der Minute ist nach verschiedenen Umständen schwankend. Schon bei geringen Muskelanstrengungen z. B. sehen wir den Athemrhythmus sich beschleunigen, und zwar noch früher als die Frequenz der Herzschläge, die wir unter demselben Einfluss zunehmen sahen. Schon durch, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf die Athembewegungen richten, verändern wir ihren gewöhnlichen Rhythmus. Wenn wir bei irgend Jemand die Athemzüge zählen wollen, so müssen wir das, um sichere Resultate zu erhalten, ohne sein Vorwissen thun. HUTCHINSON zählte bei beinahe 2000 Personen ohne ihr Vorwissen die Athemzüge, und es stellte sich heraus, dass die grösste Mehrzahl zwischen 16 und 24 Mal in der Minute athmeten, dabei kamen 16 Athemzüge in der Minute weitaus am häufigsten vor (von 1731 athmeten 512 20 Mal in der Minute). Die unterste Zahl für die Athemfrequenz Gesunder war 12, die oberste 40, diese höchsten und niedrigsten Zahlen waren beide gleich selten. Während eines Athemzuges macht im Durchschnitt das Herz vier Contraktionen.

Wie die Zahl der Herzcontractionen, so sinkt auch die normale Frequenz der Athembewegungen von der Geburt bis zum kräftigsten Mannesalter, und von da wieder etwas zuzunehmen. Die Zählungen von QUETELET ergaben die mittlere Frequenz der Athmungen in der Minute: Neugeborenes Kind 44; 5 Jahre alt 26; 15—20 Jahre alt 20; 20—25 Jahre alt 18,7; 25—30 Jahre alt 18,4; 30—50 Jahre alt 18,1.

In Krankheiten kann die Zahl der Athemzüge bedeutend sinken oder noch

iger steigen. Alles, was die Oxydationen im Organismus steigert: Entzündung etc., steigert auch die Athemfrequenz: eine im Allgemeinen erhöhte Körpertemperatur bringt eine gesteigerte Athemfrequenz hervor, und Athemfrequenz steigen dabei ziemlich gleichmässig. Wir finden alle, welche die Herzaktion verändern, auch bei der Athemfrequenz wirkend, Verdauung, Gemüthsbewegung, Schwächezustände vermehren beide. Das weibliche Geschlecht zeigt meist eine grössere Athemfrequenz als das männliche.

Wir können die für gewöhnlich unwillkürlich vor sich gehenden Athembewegungen auch willkürlich anregen, in ihrem Rhythmus und ihrer Tiefe ver- für kurze Zeit auch ganz unterbrechen. Doch zwingt nach einer solchen Unterbrechung uns sehr bald die »Athemenoth« zu unwillkürlichen, verstärkten, beschleunigten Athembewegungen. Das von dem Willen aus, aber reflectorisch und, wie es wenigstens scheint, auch automatisch erregbare Centrum dieser complicirten Bewegungen, welche zu einer Erweiterung oder Verengerung des Brustraumes und der Lungen führen, ist in dem vierten Hirnstrahl gelegen und zwar an einer ganz umschriebenen Stelle des vierten Hirnstrahls, an der Ursprungsstelle des Vagus und Accessorius. Die Jäger kennen diese Stelle, FLOURENS' Noeud vital, an welcher dem angeschossenen Thiere der vierte Hirnstrahl eingestossen wird, wodurch das Athmen und mit diesem das Leben vernichtet wird. Vom Athemcentrum werden die Athemnerven (Vagusnerven, die äusseren Thoraxnerven) in Aktion versetzt, um dann ihrer Athemmuskulatur zur Thätigkeit anzuregen. Ununterbrochen pflanzt sich von dieser Stelle aus ein regulirender Antrieb auf die Athembewegungen fort.

Das Experiment beweist, dass diese Regulirung in einer bestimmten Abhängigkeit vom Vagus steht. Es gelangen wahrscheinlich von dem vierten Hirnstrahl aus Bezirke des Vagus in den Eingeweiden (z. B. den Lungen) Anregungen zum Noeud vital, welche eine raschere Erregungsfolge der Athemnerven hervorrufen. Es scheint das dadurch bewiesen zu werden, dass nach Durchschneidung des Vagus am Halse die Athemfrequenz sehr bedeutend sinkt. Und, dass nach der Durchschneidung die electriche Reizung des centralen Vagusendes die Athemfrequenz in der Mehrzahl der Fälle wieder erhöht und schliesslich durch Verstärkung der Reizung sogar eine krampfartige Athmung hervorrufen kann. Die Athembewegungen werden während der Verlangsamung nach der Vagusdurchschneidung entsprechend tiefer, es findet keine Verminderung in der in einer gegebenen grösseren Zeit eingeathmeten Gasmengen ebenso wenig wie im Chemismus des Gaswechsels (s. RAUBER) eintritt. Die Leistung der Medulla oblongata bleibt also im Wesentlichen die gleiche, sie wird nur anders vertheilt (J. ROSENTHAL). Es gelingt auch, durch theilweise Abtrennung des Athemcentrums in der Medulla oblongata lange Athempausen mit eingeschobenen Athemkrämpfen (CHEYNE-STOKES'Sches Phänomen, LUCIANI) zu erhalten. In diesen Pausen gelingt es, durch electriche Reizung der Medulla oblongata und bei gleichzeitiger Reizung der beiden durchschnittenen centralen Vagusenden künstliche Respirationsbewegungen des Zwerchfells hervorzurufen. Nach vollkommener Abtrennung des Athemcentrums können durch rhythmisches Tetanisiren (20 Reize in der Minute) regelmässige Athembewegungen des Zwerchfells hervorgerufen werden.

(H. KRONECKER und M. MARCKWALD). J. ROSENTHAL fand, dass Hand in Hand mit dem reflectorisch zur Inspiration reizenden Erregungszustand, der im Vagus verläuft, dem Noeud vital auch noch von den sensiblen Nerven des Kehlkopfes, vom Nervus laryngeus superior, eine entgegengesetzt wirkende Erregung zugeleitet werden kann. Wird der genannte Nerv durchschnitten und sein centraler Stumpf electricisch gereizt, so verlangsamt sich die Athemfrequenz, endlich bleibt das Zwerchfell erschlafft stehen, die Athembewegungen sistiren ganz, bei der stärksten Reizung treten sogar die Ausathemmuskeln in Thätigkeit. Der dem verlängerten Marke — centripetal — zugeleitete Erregungszustand des Vagus regt also zur Inspiration an, die in dem Laryngeus superior verlaufenden Nervenfasern können dagegen reflectorisch vom Kehlkopfe aus das Athemcentrum zur Einleitung von Expirationsbewegungen veranlassen. Da also der Laryngeus die aktiven Bewegungen der Inspiration verhindert und wenigstens primär die Athembewegung verlangsamt und unterbricht, so kann man ihn als einen Hemmungsnerven für das Athemcentrum ansprechen, ähnlich wie wir den Vagusstamm als Hemmungsnerv für die nervösen Herzcentralorgane kennen gelernt haben. Durch stärkere Reizung sehen wir freilich, was bei anderen Hemmungsnerven nicht der Fall ist, eine Reihe neuer Bewegungen (Expirationsbewegungen) auftreten. Vagus und Laryngeus superior sind regulirende Nerven für die Athmung. Verlangsamend wirkende Fasern sollen dem Noeud vital auch durch andere Nerven, vor Allem durch den Laryngeus inferior, zugeleitet werden (PFLÜGER, HERING u. A.). Expirationsbewegungen scheinen unwillkürlich, reflectorisch auch auf Reiz der sensiblen Hautnerven eintreten zu können, wenigstens sind mit dem »Sehauern« vor Kälte krampfhaft, geräuschvolle Expirationsbewegungen verbunden, dagegen erregt das Erschrecken durch Anspritzen mit kaltem Wasser Inspirationen. Die erste Athembewegung des Neugeborenen wollte man früher allein vom Kältereiz, der von der Haut aus auf das Athemcentrum reflectorisch würde, ableiten, sicher wirkt hier die durch die Unterbrechung der Placentalathmung eintretende chemische Veränderung des Blutes mit, welche auf das Athemcentrum erregend wirkt. LANGENDORFF findet, dass schwache sensible Reizung beschleunigend, starke verlangsamt auf die Athembewegung wirke. Bei Hirndruck sehen wir die Zahl der Athemzüge sehr bedeutend bis auf mehr als die Hälfte herabgesetzt, ebenso die Pulsbewegung. — Der Vagus ist der trophische Nerv der Lunge (cf. unten die Zusammenstellung der Funktionen der Hirn- und Rückenmarksnerven). Durchschneiden der Nn. phrenici lähmt das Zwerchfell (W. ALYSCHESKY).

Die Athembewegungen können (bei Kaninchen) durch energisches künstliches Einblasen von Luft in die Lungen ganz sistirt werden: Apnoe (J. ROSENTHAL). HOPPE-SEYLER stellt die Gründe zusammen, welche dafür sprechen, dass dieser Zustand nichts als ein Ermüdungsergebnis der durch die Versuche misshandelten Respirationsmuskeln sei, Andere denken an mechanische Reizung der Athemnerven; BROWN-SÉQUARD meint, dass durch die »Lufteinblasungen« die Lungenzweige des Vagus gezerrt und dadurch gereizt würden. Nach ROSENTHAL'S Ansicht wäre die Ursache der mangelnden Athembewegungen die, dass das Blut mit Sauerstoff durch das künstliche Einblasen desselben in die Lungen fortwährend gesättigt sei; er glaubt, dass in diesem Zustand der Organe



aus Ueberfluss an Sauerstoff im Blute nicht athmet und zur Erhaltung Verbrennungen nicht zu athmen braucht. Apnoe wäre so das Wider-  
on Athemnoth, Dyspnoe, welche in Folge von Sauerstoffmangel im  
intritt und mit den beschriebenen starken, krampfhaften Athembewe-  
und allgemeinen Muskelkrämpfen einhergeht. Ausser dem Sauerstoff-  
scheint wohl auch die Kohlensäure anregend auf das Athmungscentrum  
en. Die vermehrte Anwesenheit der Kohlensäure im Blute und hoch-  
r Sauerstoffmangel lähmt endlich das Centrum der Athembewegungen,  
es gar keiner Aktionen mehr fähig ist. Ebenso lähmt die Kohlensäure  
e übrigen Ganglienapparate des Gehirnes und Rückenmarks. Lässt man  
energischen Kohlensäurestrom in den Athmungsapparat eintreten, so  
t, wie beim Einblasen von Sauerstoff, ebenfalls Stillstand der Athmung  
reizung der in der Nasenschleimhaut endigenden Trigeminafasern,  
er Vagusendigungen (FILEHNE).

ROSENTHAL hat angenommen, dass der Ausdehnungszustand der Lunge mechanisch  
atorischen Fasern erregt, und zwar scheint dabei insofern eine Selbststeuerung  
im ung einzutreten (HERING), als die Ausdehnung der Lunge bei der Inspiration die  
risch wirkenden, hemmenden Fasern erregt, während umgekehrt durch das Zu-  
sinken der Lunge bei der Expiration die beschleunigend wirkenden, inspiratorischen  
erregt werden.

hat darüber discutirt, ob das die Anregung vermittelnde Moment in der Medulla  
a der Sauerstoffmangel oder die Kohlensäureüberladung im Blute und in der Gewebs-  
it der betreffenden Lokalität sei. Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel kom-  
r normal meist gemeinsam zur Wirkung, ebenso das umgekehrte Verhältniss. ROSEN-  
perimente zeigen, dass Sauerstoffmangel ohne Kohlensäureanhäufung bei der Ath-  
indifferenten, sauerstofffreien Gasen Athmung anregt und Dyspnoe bewirkt, ebenso  
er auch das Einblasen sauerstoff- und kohlensäurereicher Gasgemische (TRAUBE), so  
Frage gegenwärtig noch unentschieden ist. Am naheliegendsten scheint es, mit  
zu schliessen, dass sowohl Sauerstoffmangel als Kohlensäureanhäu-  
regend auf das Athmungscentrum wirken. Wenn das Blut sehr sauerstoffreich ist,  
er, wie ROSENTHAL nach seinen Experimenten über Apnoe schliesst, die Kohlensäure  
er erregend als sonst. Gewiss betheiligen sich, wie ich aus meinen Beobachtungen  
n ü d e n d e Stoffe abnehme, noch andere aus dem Stoffwechsel hervorgehende Sub-  
und die daraus resultirende Veränderung der Gewebsflüssigkeit an der Reizung des  
entrums. Die Blutveränderung, welche die Athmung anregt, braucht nach vielfältigen  
enten nur lokal in dem Gefässgebiete der Medulla einzutreten, was man durch Verhin-  
es arteriellen Zuflusses oder venösen Abflusses des Blutes vom Gehirn leicht demon-  
strirt.

BRAMANN fand, dass Erhöhung der Körpertemperatur eine Steigerung der  
und Energie der Athembewegungen zur Folge hat. GOLDSTEIN führte diese Wirkung  
rhöhung der Temperatur des Blutes in den Gefässen des Gehirns zurück.

den Arzt ist die Kenntniss der Erscheinungen, die man unter den Namen Dyspnoe  
nfasst, und die schliesslich in Erstickung, Suffokation, übergehen, von grosser  
eit. Die Veränderungen, welche das Blut bei irgendwie erzeugter, mangelhafter  
aufnahme und Kohlensäureabgabe in der Athmung erfährt, bewirken Dyspnoe, d. h.  
eine Verlangsamung, aber besonders eine Vertiefung der Athemzüge unter Betheli-  
accessorischen Athemmuskeln. Dadurch wird bei Athmung in normaler atmosphäri-  
t dem Blute mehr Sauerstoff zugeführt, die Kohlensäure reichlicher abgeschieden,  
er gestörte Athmungsvorgang dadurch mehr oder weniger zur Norm zurückgeführt.  
Sinne einer Selbststeuerung. Steigern sich dagegen die betreffenden Blutverände-



rungen noch weiter, so müssen wir zwischen den Wirkungen der Kohlensäureanhäufung und den Wirkungen der Sauerstoffverarmung des Blutes unterscheiden. Erstere bewirkt nur gesteigerte Dyspnoe, letztere allgemeine klonische Krämpfe der Körpermuskeln von einem ebenfalls in der Medulla oblongata gelegenen Centrum ausgehen. Auch die Bewegungen bekommen nun einen krampfhaften Charakter, die Gefäßmuskeln contractiren sich, was man an dem Erblassen des Augenhintergrundes bei erstickenden Kaninchen constatiren kann. Störung in der Blutzufuhr zum Gehirn, z. B. Verschliessen der Carotiden- und Vertebralarterien, ebenso Verbluten (KUSSMAUL, TENNER) bringen auch zunächst und dann Allgemeinkrämpfe hervor. Die Steigerung der durch die Störung in der Circulation entstehenden chemischen Gewebsumänderungen in der Medulla (Anhäufung der Gifte), endlich der Mangel des zu jeder Aktion der Gewebe wie des Plasma nöthigen Sauerstoffs vernichtet die Erregbarkeit der Nervencentra und die Athembewegungen und Krämpfe, es tritt Asphyxie ein, aus der mit dem Aufhören der Aktion der Erstickungstod sich ausbildet. Künstliche Respiration ist noch im Stande, den Tod wieder zu bringen, besonders wenn das Herz noch schlägt, nach R. BÖHM auch bis 4 Stunden nach dem Aufhören der Herzkontraktionen. Die künstliche Athmung besteht in einem rhythmischen Zusammenpressen und Wiederausdehnen des Brustkorbes mit den beiderseits gelegten oder den unteren Thoraxrand umgreifenden Händen, wobei der Asphykt auf den Rücken gelagert wird. Der Mund des Patienten wird, auch mit Anwendung von Zäpfchen, z. B. durch Einschieben von passenden festen Gegenständen, wie Schlüssel, zwischen die Zähne, geöffnet, die Zunge mit einem Tuche erfasst und möglichst weit herausgezogen, der Kehldeckel zu heben. Hierbei Oeffnen der Fenster, um frische Luft zuzuführen, Entfernung (Oeffnen) aller den Patienten in der Athmung beengenden Kleidungsstücke etc. Der Druck mit den Händen beim künstlichen Respiriren gegen die Mitte und den vorderen Abschnitt des Brustkorbes aus, wodurch auch das Zwerchfell mit beeinflusst wird, auch durch Auflegen der Hand auf den Bauch und rhythmisches Pressen desselben in dieselbe Richtung nach oben allein zur künstlichen Athmung verwenden kann. Vor Anwendung von Gewalt hat man sich zu hüten, namentlich bei asphyktischen Neugeborenen. Nach längerer Unterbrechung des Placentarkreislaufs bei lang dauernden Geburten tritt Asphyxie bei Neugeborenen bekanntlich häufig auf, indem schon bedeutende Störungen im Leben mit Dyspnoe sich einstellen, ehe Gelegenheit zur Sauerstoffaufnahme durch die Lunge gegeben war. Bei der Rückkehr der normalen Athmung infolge der künstlichen sich zeigen zunächst einzelne krampfartige Athembewegungen auftreten, aus denen sich bei Rückkehr zum Leben die normale Athemfolge entwickelt. Anwendung der Electricität zur künstlichen Athmung vergleiche man unten bei Electricität.

Das Blut der Erstickten ist nach SETSCHENOW sauerstofffrei, das arterielle und venöse, die keinen Farbenunterschied mehr zeigen, beide sind schwarzroth. Das Blut, das mit dem Spektroskop untersuchte Blut zeigt das Spektrum des (reducirten) Hämoglobins (S. 407). Die Kohlensäure ist dem Sauerstoffmangel nicht entsprechend. Der Stickstoffgehalt des Blutes, der Gehalt an gebundener Kohlensäure scheint unverändert zu bleiben. Die sogenannte Cyanose, die sich bei andauernder Dyspnoe einstellt, kennzeichnet sich durch die bläuliche Färbung der Lippen und Schleimhäute und die livide Blässe der Haut, der Körper ist kühl, schlaff, Neigung zur Schlafsucht, Sopor, stellt sich ein, die Dyspnoe ist etwas frequenter. Alle diese Erscheinungen beruhen auf dem Mangel an Sauerstoff im Blut, das dunkler macht und den Stoffwechsel und damit Wärme- und Kraftproduktion hemmt.

Die Dyspnoe und die daraus sich entwickelnde Asphyxie und Erstickung beruhen, wie gesagt, in der Mehrzahl der Fälle ihren Grund in mangelnder Sauerstoffzufuhr zum Blute, entweder zum Gesamtblute oder zu dem Blute des Athemcentrums allein. Sauerstoffmangel kann hierbei eintreten entweder dadurch, dass die Zufuhr des Blutes zum Blute gestört oder vernichtet ist durch Behinderung in der Athmung: Verschluss der Stimmritze, der Luftröhre, der Bronchien, Zusammensinken der Lunge durch Druck auf den Thorax oder Exsudate, theilweise krankhafte Unwegsamkeit des Lungengewebes; d

igen können z. B. bei Chloroformirten aufhören oder bei Neugeborenen nicht beginnen. Auch die Behinderung der Hautathmung (Firnissen) scheint zum Theil in Wirkungen hierher zu gehören. Andererseits kann aber auch das Blut nicht oder nicht schnell zu den Respirationsorganen gelangen, entweder indem es in den nervösen Centraltheil der Athmung stagnirt, oder wegen Verschlusses der Pulmonalis oder deren Hauptast, oder es fehlt das Blut wie bei der Verblutung mehr oder weniger ganz. Der absolute oder relative Mangel des Sauerstoffs im Athemmedium, in der zum Athmen dargebotenen Luft, kann ebenso Mangel der Sauerstoffzufuhr bewirken, z. B. bei Athmung im abgeschlossenen Raum, wobei aber auch die Kohlensäure noch mit zur Wirkung kommt, dann bei Versuch der Athmung in indifferenten Gasen, im luftleeren Raum, unter Wasser etc. Alle eigenthümliche Ursache der Sauerstoffverarmung des Blutes haben wir oben S. 434 in der Aufnahme von Kohlenoxydgas und Schwefelwasserstoffgas ins Blut bei der Athmung kennen gelernt. Das erstere Gas treibt den im Blute vorhandenen Sauerstoff aus und macht die Blutkörperchen (Haemoglobin) zunächst unfähig, Sauerstoff in sich aufzunehmen. Andere Gase, wie z. B. der Schwefelwasserstoff, wirken, wie wir sahen, ebenfalls dem Blute seinen Sauerstoffgehalt. Asphyxie aus Kohlenoxydgasgiftung kann nur durch sehr lange fortgesetzte künstliche Athmung aufgehoben werden, oder ist die Transfusion des Blutes (W. KÜHN) angezeigt. Ist die selbständige Athmung dagegen nur gestört und unregelmässig (Dyspnoe), so ist die künstliche Athmung am besten, da dann noch nicht alles Blutroth sich mit Kohlenoxyd verbunden hat und der gesunde Sauerstoffgehalt des Blutes bei gesteigerter Athmung noch hinreichen wird, das Leben zu erhalten.

Sowohl für die Athmung als für das Leben indifferente Gase bezeichnet man solche, welche mit der genügenden Sauerstoffmenge gemischt, eingeathmet, das Leben nicht gefährlichen, für sich allein geathmet aber auch das Leben nicht erhalten können. Nur Sauerstoff und Wasserstoff scheinen ganz indifferent, man führt auch noch das Grubengas an. Der Einfluss der Stimmritze tritt durch die Wirkung der sogenannten irrespirablen Gase ein, welche Stimmritzenkrämpfe erzeugen. Hierher gehören alle gasförmigen Gase, zunächst die Kohlensäure, Salzsäure, schwefelige Säure etc., und die säurebildenden Gase, z. B. Stickoxydgas, das sich mit Sauerstoff in Untersalpetersäure verwandelt. Auch solche Gase: Ammoniak, Methylamin etc., sowie Chlor und Ozon bewirken Stimmkrämpfe; führt man diese Gase durch Luftröhrenfisteln ein, so wirken sie giftig, sie erzeugen Entzündungen (TRAUBE), ebenso, wenn nach Durchschneidung beider Vagi oder des Vagus inferiores die Stimmbänder gelähmt sind.

Über das Verhalten der Gase zum Blute vergleiche man das Nähere oben bei Blut.

**Bewegungen der Lunge.** — Die Athembewegungen der Lungen können dem Auge durch sichtbar gemacht werden, dass man in einiger Ausdehnung die Brustwand bei Thieren abträgt bis auf das Rippenfell, die Pleura costalis. Man sieht dann durch die durchscheinende Membran die Lungen sich verschieben. Die Verschiebung findet vorwiegend von oben nach unten statt, wenn das Zwerchfell sich abplattet und von der Brustwand absteigt.

Das Herabsteigen der Lunge zieht dabei auch Kehlkopf und Luftröhre nach abwärts, man kann von aussen am Halse sehen. Die Erweiterung des Thorax nach der Seite und vorne zwingt die Lungen, sich auch von vorne nach hinten zu verschieben. Bei jeder Einathmung schieben sich, wie schon bei der Besprechung des Herzstosses angeführt, die vorderen Lungenränder zwischen Herzbeutel und Pleura ein, so dass das Herz, bei einer tiefen Ausathmung in ziemlicher Ausdehnung der Brustwand anliegt, nun aber durch die sich vorschiebenden Lungenränder getrennt wird. Bei dem Menschen ist sehr häufig krankhafte Verwachsungen der beiden Pleuraplaten vor, dadurch wird, an Verwachsungsstellen geringe Ausdehnbarkeit zeigen, die Verschiebung der Lungen gegen die Brustwand, wenigstens an den Stellen der Verwachsung gehindert, gleichzeitig aber auch die Ausdehnung der Brust nach der Richtung, welche die Verschiebung der Lunge erfordert, unmöglich gemacht. Durch derartige ausgebreitetere Verwachsungen, wie sie

in Folge von Entzündungsprocessen der Pleura bei Lungenkrankheiten eintreten, nimmt dab die vitale Kapazität der Lungen oft bedeutend ab.

Für den Arzt sind noch einige Veränderungen des mechanischen Athemvorganges v Wichtigkeit: Niesen und Husten. Beides sind reflektorische Vorgänge, bei beiden fol auf eine tiefe Inspiration eine oder mehrere kräftige, plötzliche Expirationsstösse. Bei der Husten folgt vor den Expirationsstössen noch ein krampfhaftes Verschiessen der Stimmritze, welcher Verschluss durch die heftigen Ausathemstösse für kurze Zeit unterbrochen wird. In diesem Fall wird der Brustraum so weit zusammengepresst, dass der negative Druck in ihm in einen positiven verwandelt werden kann. Es tritt dann eine venöse Stauung ein, die sich besonders am Kopfe sichtbar macht: Blauhusten etc. Der Husten entsteht reflektorisch durch Reizung der Luftwege (*Laryngeus superior*), kann aber auch willkürlich zur Entfernung von Schleim etc. aus diesen hervorgerufen werden. Das Niesen entsteht reflektorisch durch sensible Reize der Nasenschleimbaut (*Trigeminus*). Bei einigen reizbaren Individuen entsteht es auch durch Blicken in grelles Licht, z. B. in die Sonne. Beim Schnäuzen wird willkürlich ein kräftiger Luftstrom durch die Nase, bei dem Räuspern durch den Kehlkopf in den Mund getrieben, um in den betreffenden Höhlen vorhandene Substanzen (Schleim etc.) zu entfernen. Das Schnarchen und Röcheln besteht in Erzitterungen des erschlafften weichen Gaumens durch den Athemluftstrom.

**Betheiligung der luftzuleitenden Organe an der Athmung.** — Die Nasenhöhle bei Athmung durch den Mund in geringerem Grade die Mundhöhle, der Kehlkopf, die Luftröhre und die Bronchien dienen nicht nur zu vorläufiger Erwärmung der inspirirten Luft, sondern sie reinigen dieselbe auch zum Theil von gröberen schädlichen Beimengungen, welche durch die Haare am Eingang der Nasenhöhlen zurückgehalten werden oder an den mit Schleim überzogenen Wänden der genannten Höhlen haften bleiben. Fast in der ganzen luftleitenden Strecke findet sich Flimmerbewegung, welche, nach aussen gerichtet, Schleim mit seiner Staubbeimischung und andere eingedrungene Partikelchen herausschafft, woran sich der nach aussen gerichtete Luftstrom bei der Expiration, willkürlich oder unwillkürlich verstärkt, mit betheiligen kann.

Fig. 428.



Formbestandtheile des Auswurfs.

a Schleim- und Eiterkörperchen; b sogenannte Körnchenzellen; c mit schwarzem Pigment (*Alveolenepithelium*); d Blutzellen; e Flimmerzelle nach Verlust der Wimperhaare und eine derartige Zelle mit Cilien; f kugelige Wimperzelle bei Katarrh der Luftwege; g Flimmerzellen, welche Eiterkörperchen in ihrem Innern besitzen; h Lungenfasern.

**Zur ärztlichen Untersuchung.** — Auswurf, Sputum. Man fasst unter diesem Namen Alles zusammen, was aus den Respirationswegen: Mundhöhle, Schlund, Trachea, Bronchien, Lungen stammend durch den Mund ausgeworfen wird. Im normalen Auswurf findet sich Schleim, von den Schleimdrüsen der genannten Organe stammend. Dem Schleim ist stets Speichel zugemischt und oft aus der Mundhöhle (hohlen Zähnen etc.) die mannigfaltigsten Speisereste. In krankhaften Zuständen der Organe kann der Auswurf flüssiges Blut, Eiter, Tuberkelmassen, Reste zerstörten Lungengewebes, namentlich elastische Fasern, Gewebselemente des Larynx, organische Concretionen aus den Luftwegen und der Mundhöhle, parasitische Bildungen aus diesen Organen, Theile von Pseudoplasma etc. enthalten (Fig. 428). Der stinkende Geruch der Sputa bei Lungengangrän etc. rührt vorzüglich von flüchtigen Fettsäuren her. Das Mikroskop zeigt also unter Umständen im Auswurfe eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen: Pflasterepithelien der Mundhöhle, Flimmerepithelien der Respirationswege, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, Körnchenzellen, Faserstoffgerinsel, Pigmentkörperchen, Zellen und frei, Fetttröpfchen, Blutkörperchen, Reste zerstörten Lungengewebes (elastische Fasern, sogenannte Lungenfasern), glatte Muskelfasern, Pigmentzellen, Krebszellen verschiedener Art, Kalkkonkretionen, Knochenstückchen; phos-

**Ammoniak-Magnesia und Cholestearin, Pilze, Sarcine, Infusorien.** Hier und da es *Echinococcus hominis*. Als Reste von Speisen: Pflanzenzellen mit Spiralfasern Lungenfasern zu verwechseln!), Stärkekörner, Muskelstückchen etc.; durch Speise- und Auswurf auch gefärbt sein.

Die eigentliche chemische Untersuchung der Sputa wird in den seltensten Fällen gezeigt sein. Hier und da (bei Icterischen) lässt sich in den Sputis Gallenfarbstoff nachweisen. In einem Falle (cf. Galle) sah ich die Sputa aus reiner Galle bestehen, der nur noch etwas Schleim beigemischt war. In der filtrirten Flüssigkeit nicht nur in reichlichster Menge Gallenfarbstoff, sondern direct auch Gallensäure an der PETTENKOPF'schen Probe nachgewiesen werden. Es hatte sich eine Leber-Lungenabszess gebildet, durch welche zeitweilig alle gebildete Galle entleert wurde. — Bronchopneumonische Sputa enthalten hier und da auch Schwefelwasserstoff als Ursache ihres stinkenden Geruchs.

In der acuten Bronchitis finden sich in den Sputis Pfröpfe, die anfänglich neben hauptsächlich aus Eiterkörperchen bestehen, sie sind weiss, später werden sie grau, es bleibt nur Detritus, in welchem sich nadelförmige Partikeln (Fettsäuren), rothe Blutkörperchen und grössere Fetttropfen auffinden lassen. Die Farbe der Sputa ist sehr verschieden: weiss, grau, roth, gelb, blau, grün, schwarz etc. Ein eigelbes Sputum findet man häufig im Sommer ohne sonstige Erkrankung der Respirationsorgane. Bei Pneumonie wird das Sputum in den späteren Stadien citronengelb, während es anfänglich mit rothen Blutstreifen erscheint. Bei Pleuritis mit eitrig stinkendem Auswurf fanden H. und FR. SCHULTZE relativ grosse Mengen von schön rothen Haematoidinkrystallen (schiefe rhombische Säulen) im Auswurf. In einem anderen Falle fand Ersterer massenhafte Tyrosinkrystalle in einem ausgehusteten fibrinösen Bronchialgelee. Die schwarzbraune und schwarze Färbung der Sputa rührt meist von verändertem Blutpigment her, manchmal von massenhafter Anhäufung von Pigmentzellen. LEYDEN fand im Auswurf bei veraltetem Bronchialkatarrh, E. UNGAR daneben Krystalle von oxalalkali, ohne dass Oxalurie bestand.

---

## Vierzehntes Capitel.

### Die Athmung.

#### Die Chemie des Gaswechsels.

##### Theorie der Athmung.

In den vorausgehenden Capiteln fesselte unsere Aufmerksamkeit der mit dem Leben der animalen Organismen verbundenen continuirliche Neubelebung von Substanz; wir sahen unbelebte Materie in den Organismus eintreten und hier als Bestandtheil seiner lebenden Organe selbst Theil nehmen, belebt werden. Das Widerspiel dieses Vorgangs ist die continuirliche Zerstörung, Zersetzung lebender Substanz, ohne welche der Organismus sich nicht zu äussern vermag. Aus den Organbestandtheilen, als die repräsentanten wir Eiweissstoffe, Fette, Kohlehydrate betrachten, bilden im Lebensprocess neben amidartigen Körpern Kohlensäure und Wasser der organischen Oxydationsprocess oder Dissociationsprocess unter Sauerstoffaufnahme. Die Vorgänge der Athmung waren es vornehmlich, an welchen diese fundamentalen Sätze erkannt wurden (S. 523). Da



globin, welches die Rolle der Säure spielt, und Alkali gebunden; im Blute besteht eine analoge Verbindung von Globulin mit Alkali (SERTOLI) und Kohlensäure, in welcher das Globulin aber erst durch die Verbindung mit der Kohlensäure saure Eigenschaften erhält. (Nach P. BERT, E. SALKOWSKI u. A. enthält das Blut nur chemisch gebundene Kohlensäure.) Der in dem Blute locker gebundene Antheil der Kohlensäure kann durch die im Blute und in den Organen sich entwickelnde Säure freigemacht und damit ebenfalls den Diffusionsgesetzen unterworfen werden. Die Sauerstoffaufnahme bleibt sich sonst gleichbleibenden körperlichen Verhältnissen in ziemlich weiten Grenzen annähernd gleich, wenn auch in reinem Sauerstoff oder in sauerstoffreicher Luft als der atmosphärischen geathmet wird. Der Grund dafür ist in der Anwesenheit der haemoglobinhaltigen Blutkörperchen im Blute zu suchen, die den Sauerstoff an sich binden. Die Abgabe des Wasserdampfes in den Organen folgt dem Verdunstungsgesetze. Die ausgeathmete Luft ist mit Wasserdampf gesättigt und ziemlich genau auf die Körpertemperatur erhöht, es findet also eine bedeutende Wärmeabgabe bei der Athmung statt. Die Wärme und Wärme stammen z. Thl. aus den Lungen, z. Thl. aber auch aus ableitenden Canälen: Nase, Mundhöhle, Rachen, Bronchien.

LAGNUS u. A. hatten angenommen, dass der Sauerstoff im Blute selbst keine Zellen vornehme, dass das arterielle Blut als ein »concentrirter Sauerstoffreservoir« den Organismus durchströme, um, in den Geweben angelangt, die dort vorhandenen Stoffe zu verbrennen und dafür die gasförmigen Produkte des Stoffwechsels, Kohlensäure und Wasser, in sich aufzunehmen. Die neuere Physiologie glaubt, dass auch im Blute der Sauerstoff nicht vollkommen unwirksam sei, dass dort, analog wie in den Geweben, Sauerstoff für den chemischen Stoffwechsel verbraucht werde und zwar nach Massgabe der Zellenthätigkeit, wenigstens im Blute stattfindet. Doch ist dieser Sauerstoffverbrauch im Blute, wie die relativ geringen Zahl wahrer Zellen — weissen Blutkörperchen — im Vergleich schon von vorneherein wahrscheinlich ist, und wie es die Versuchsergebnisse direct bezeugen, immerhin kein bedeutender. Die Oxydationen finden hauptsächlich in den Geweben statt. In den Geweben treten nach Massgabe ihrer Thätigkeit die chemischen Processe ein, in Folge deren Kohlensäure in das Blut durch die Kapillaren einströmt.

Es stellt sich also die Theorie der Athmung in Berücksichtigung der wichtigsten Athemstoffe sehr einfach:

Die in die Lungenluft während der Athmung abgegebenen Gase werden nicht erst in der Lunge gebildet, sondern finden sich schon im Blute vor, aus dem sie an die Lungenluft abgegeben werden.

Die Kohlensäure entsteht durch chemische, unter Sauerstoffaufnahme verlaufende Processe aus kohlenstoffhaltigen Körperbestandtheilen und zwar zum kleinsten Theil im Blute selbst, fast ausschliesslich in den Geweben, aus denen sie in das Blut übertritt; im Blute ist sie sowohl im Plasma wie in den Blutkörperchen enthalten. Das Wassergas, welches in der Lungenluft sich bildet, stammt zum kleineren Theil aus der Verbindung wasserstoffhaltiger Körperbestandtheile mit Sauerstoff, zum grössten Theile aus dem durch die Verdunstung in die Säftemasse des Körpers gelangten, in der Lunge verdunstenden Wasser. Die Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blute folgt in

der Hauptsache den Gesetzen der Gasdiffusion, wozu die Kohlensäure z. aus lockeren Verbindungen im Blut erst abgeschieden wird. Die Wassergabe geht nach den Gesetzen der Verdunstung vor sich. Die normale Aufnahme des Sauerstoffs in das Blutserum erfolgt nach Gesetzen der Diffusion. Das Gesamtblut nimmt dagegen weit mehr Sauerstoff auf, als es diffundirt enthalten kann: Der Sauerstoff wird im Blute der Hammenge nach durch den Farbstoff der Blutkörperchen, das Haemoglobin, gehalten. Der Absorptionscoefficient des Blutes für Sauerstoff, d. h. das Volumen Sauerstoff, welches die Volumeinheit Blut aus reinem Sauerstoff durch eine Diffusion aufnehmen kann, beträgt bei der Temperatur des lebenden Kanarienvogels nur etwa 0,02 Vol. pCt., während das Blut in den Lungen ca. 7,8 Vol. pCt. durch die lockere chemische Bindung des Sauerstoffes an das Haemoglobin aufnimmt. Es hängt also wesentlich von der Menge des im Blute enthaltenen Haemoglobins ab, wieviel Sauerstoff das Blut in den Lungen aufnehmen kann. Wieviel es in der Zeiteinheit wirklich aufnimmt, wird durch den je nach der Intensität der Lebensvorgänge schwankenden Sauerstoffverbrauch in den Geweben regulirt (PFLÜGER).

Der Stickstoffgehalt der Atmosphäre wird nur seinem Druck entsprechend in die Blut- und Gewebsflüssigkeiten aufgenommen. In der Athmung wird, wie es scheint, kein der Gewebszersetzung entstammender Stickstoff abgeschieden. Der den zersetzten stickstoffhaltigen Körperstoffen entstammende Stickstoff geht in chemischer Verbindung mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff als Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin etc. etc. im Harn weg (VOIT, J. M. HENNEBERG) (über Ammoniak cf. unten).

Dagegen haben REGNAULT und REiset, neuerdings wieder J. SEGEN und J. NODDING einen Stickstoffplus in der Athmausscheidung bei Thieren gefunden, welches sich nach den Versuchen der Letzteren bei der Katze und bei dem Hahn in nicht ganz unbedeutenden Bewegungen zeigt.

Die Athemorgane — Lungen wie Kiemen — functioniren normal nur im feuchten Zustande. Die feinen feuchten Membranen der Lungenbläschen und Kapillaren setzen den Diffusionsvorgängen nur geringe, bisher aber quantitativ noch nicht bestimmte Widerstände entgegen. EXNER hat die Gasdiffusion durch dünne Flüssigkeitsschichten in Seifenblasen beobachtet. WROBLEWSKI durch Kautschukmembranen beobachtet. Nach Ersterem ist die Diffusionsgeschwindigkeit der Gase und Dämpfe durch »Flüssigkeitslamellen«, welche in gewissem Sinne analoge Verhältnisse wie die dünnen feuchten Lungenmembranen darbieten, dem Absorptionsverhältniss der Flüssigkeiten und der diffundirenden Gase direct, den Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der letzteren umgekehrt proportional. Nach WROBLEWSKI ist die Diffusionsgeschwindigkeit durch Kautschukmembranen direct proportional dem Durchmesser der diffundirenden Gase auf die Membranen.

### Historische Bemerkungen.

Es hat unter den physiologischen Vorgängen im menschlichen Organismus Nichts so das Augenmerk auf sich gezogen, als der Vorgang des Athmens. Wie bald man angefangen über diesen Vorgang zu philosophiren, beweisen die Benennungen der Seele als *πνεῦμα* anima: schon in der ersten Bildungsperiode der Sprachen hatte man den Werth des ein- und ausströmenden Hauches als der eigentlichen Quelle des thierischen Lebens erkannt.

Eine spätere philosophische Zeit musste durch den beständigen Wechselverkehr

Organismen mit der Atmosphäre, die ihr der Sitz der höchsten Kräfte war, auf den gebracht werden, dass dieser Vorgang das Verbindungsglied sei der unteren mit diesen, und da man beobachtete, dass alle höheren Entwicklungen der psychischen Kräfte nur bei athmenden Wesen in Erscheinung treten, so ist es nicht sehr verwunderlich, wenn die Lehre der Pythagoräer nicht nur das Lebensprincip als solches in der Luft verlegt, von dem aus es sich den athmenden Thieren in beständiger Erneuerung mittheilt, sondern auch diesem Aether eine erkennende Kraft gleich der der Seele selbst zuschrieb. PLATO (Tim.) ahnte in etwas den wahren Vorgang der Respiration und seine freilich undeutlichen Aussprüche mahnen den Leser an Anschauungen unserer Tage.

Wir müssen wir es auch in dieser Frage, wie fast in jeder, die sich auf exacte Naturwissenschaft bezieht, dem Altmeister der Forschung im Gebiete der Natur: ARISTOTELES zuerücken, dass er es war, der richtigere Anschauungen, soweit es seiner Zeit möglich, gewonnen und lehrte, dass durch das Athmen das Leben der beseelten Wesen bestehe. Beim Athmen bringe der Lufthauch (*τὸ πνεῦμα*) aus den Lungen in das Herz, zu welchem Zwecke mehrere Canäle annahm, und vertheile sich von dort aus in dem Körper. Auf einem andern Weg, als Jahrtausende nach ihm unsere neue Wissenschaft, fand er den Zusammenhang des Athemprocesses mit der thierischen Wärme. Der Weg, der ihn leitete, war der der vergleichenden Anatomie. Er lehrt in seinem Buche über die Arten der Thiere, dass die Wärme der Thiere um so höher sich steigere, je vollkommener die Lungen gebildet sind und zieht daraus den Schluss: dass durch das Vorhandensein der Lunge, des Respirationsorgans, die Lebenswärme regulirt werde. Nachdem wir ARISTOTELES bis zu dieser Höhe der Anschauung gelangt sehen, begegnen wir in der folgenden Zeit bis zum Ende des Mittelalters eigentlich wesentlichen Fortschritt in der Theorie des Athmens nicht mehr. (cf. Entwicklung der Ernährungslehre S. 498.) GALEN und PLINIUS, die Lehren des Mittelalters, blieben sich eng an ARISTOTELES an.

Der weitere Fortschritt in der Lehre von der Athmung knüpfte sich erst an die Entdeckung des Kreislaufes (1619), durch welche es nachgewiesen wurde, dass beständig ein Theil des Blutes durch die Lungen ströme, um von dort aus neu belebt durch die Arterien in alle Theile des Körpers getrieben zu werden. Damit war der directe Wechselverkehr des Blutes mit der Luft erwiesen.

Die Chemie war zu jener Zeit noch nicht entwickelt genug, um eine andere als eine rein mechanische Anschauung von dem Vorgange der Athmung allgemein aufkommen zu lassen. Man bekam ein gewisses Lebensprincip aus der Atmosphäre mitgetheilt und leitete es von demselben allen Körpertheilen zu, die das räthselhafte Agens aus dem Blute an sich zogen. Das Blut ersetzt den durch diese Abgabe eintretenden Verlust, indem es in den Lungen von Neuem mit der Luft in Beziehung tritt.

Die Entdeckung des Sauerstoffes am 1. August 1774 durch PRIESTLEY beginnt die Neuzeit der chemischen Naturforschung, von diesem Tage datirt ein vollkommener Umsturz der Ansichten über die Vorgänge der Natur. Ein Jahr später fand LAVOISIER den Sauerstoff und mit ihm die Zusammensetzung der Luft. Die Kohlensäure hatte schon im 17. Jahrhundert vorher BAPTIST HELMONT aufgefunden, ebenso den Wasserstoff. Die Theorie der Verbrennung ist es, auf welcher LAVOISIER sein neues System der Chemie aufbaute. Auf diese Weise aus einer Sammlung von Recepten eine Wissenschaft erschuf.

Wenigstens 4 Jahre vor der Entdeckung des Sauerstoffes hatte PRIESTLEY die Ausscheidung der Kohlensäure durch den Organismus im Athemprocesse gefunden, die Wasserausscheidung war seit den ältesten Zeiten aufgefallen. Es war natürlich, diese beiden Vorgänge, die Kohlensäure und Wasserbildung, die sich in derselben Weise bei der Verbrennung aller organischen Körper fanden, auch bei der Athmung auf eine Oxydation zurückzuführen. Die chemische Theorie, die mit der von LAPLACE und PROUT übereinstimmt, lehrt, dass in den Lungenzellen fortwährend eine Flüssigkeit absondere, die vorzüglich aus Kohlensäure und Wasserstoff besteht. Diese vereinigt sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser und wird in dieser neuen Stoffanordnung beim Athmen entfernt.

thode) gleichzeitig bestimmt werden, um die Kohlensäure in der eingeathmeten Luft in der ausgeathmeten abziehen zu können. Die Luftvolumina werden auf 0° und Barometerstand berechnet. Die Luft ist schon durch die Ventile mit Wasser gesättigt.

Um die Gesamtgasausscheidung des Körpers für längere Zeiten (z. B. 24 Stunden) bestimmen, dienen die Apparate von REGNAULT, REISET und v. PETTENKOFER. Der erstere besteht im Wesentlichen aus einem luftdicht verschlossenen Kasten, in dem das Versuchsthier sich befindet. Die ausgeathmete Kohlensäure wird beständig abgezogen, es strömt dafür reiner Sauerstoff zu; der Sauerstoff wird direct bestimmt. Bei dem ursprünglichen PETTENKOFER'schen Apparat saugt eine durch eine Dampfmaschine, eine Turbine, Wasserrad etc. getriebene Pumpvorrichtung aus einem für die Aufnahme des Menschen oder grossen Thieres berechneten »Salon« mit mehreren Luftrohren die Luft mit der erforderlichen Geschwindigkeit aus, dass nur ein Luftstrom in den Salon herein und in die Abzugsröhre entstehen kann. Alle eingeströmte Luft macht diesen Weg ebenfalls aus einem geheizten Ofen, bei richtigem Zuge, nur durch das Kamin die Luft eintreten darf. Die gesammte, den »Salon« durchströmende Luft wird durch eine grosse Gasuhr und gemessen, nachdem sie vorher durch Wasser gestrichen ist, um mit Wasser gesättigt zu werden, und ihre Temperatur bestimmt wurde. Ein bestimmter, in einem Gasuhr zu messender Bruchtheil dieser Gesamtluft wird durch Röhren mit Bismut gepresst und gibt hier seine Kohlensäure ab, die dann nach PETTENKOFER durch Titration bestimmt werden kann. Vorher wurde sie durch concentrirte Schwefelsäure geleitet, um ihren Wassergehalt zur Gewichtsbestimmung desselben zu entziehen. Von dem Kohlensäure- und Wassergehalt in der direct untersuchten Luftmenge wird auf den Kohlensäuregehalt der Gesamtluft berechnet. Natürlich muss auch hier der Kohlensäuregehalt der eingeströmten Luft gleichzeitig bestimmt werden. Der Sauerstoff wird indirect durch Gewichtsbestimmung des Versuchsthieres vor und nach dem Versuch bestimmt. C. VOIT und seine Mitarbeiter arbeiteten mit einem kleinen, für kleinere Thiere gebauten PETTENKOFER'schen Apparat. Apparate der später zu nennenden Autoren schliessen sich im Wesentlichen entweder an das REGNAULT'schen Princip mit directer Sauerstoffbestimmung oder dem PETTENKOFER'schen Princip an.

### Quantitative Verhältnisse der Athemgase.

Im normalen Respirationsprocess des Menschen (wie der Thiere) wird aus der eingeathmeten Luft Sauerstoff entzogen, dafür aber Kohlensäure zugegeben, so dass die ausgeathmete Luft weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthält als die eingeathmete. Das Luftvolum vermindert sich dabei durch die Gasaufnahme in die Lunge in verschiedenem Maasse, da normal stets ein bestimmtes Volumen Sauerstoff aus der eingeathmeten Luft verschwindet, als Kohlensäure in der Ausathemluft wiedererscheint (cf. unten). Ein gesunder Mensch (ca. 57—58 Kilogramm Körpergewicht) nimmt bei normaler, nur durch den Hunger geregelter Ernährung und relativer Körperruhe in ruhiger gewöhnlicher Athmung während einer Minute im Mittel 7,52 Liter Luft (wasserfrei gemessen) ein, und athmet in der gleichen Zeit 7,48 Liter (wasserfrei gemessen) aus. Es treten hierbei im Mittel 0,518 Gramm Sauerstoff in das Blut ein, 0,649 Gramm Kohlensäure aus dem Blute in die Ausathemluft abgegeben (SPECK). VIERORDT fand unter analogen Bedingungen den Kohlenstoffgehalt der Expirationsluft schwankend zwischen 3,4—5,5, im Mittel = 4,4 pCt., während die eingeathmete reine atmosphärische Luft nur verschwindende Spuren (ca. 0,0004 Vol. pCt.) Kohlensäure enthält. Die wichtigsten Verhältnisse der Gasveränderung bei der normalen Athmung gibt folgende Tabelle (VIERORDT):

	Einathmungsluft:	Ausathmungsluft:	Differenz:
Stickstoff . . . . .	79,2	79,2	= 0
Sauerstoff . . . . .	20,8	15,4	— 5,4
Kohlensäure . . . . .	0	4,4	+ 4,4
Volum	= 100,0	99,0	— 1

Aus den SPECK'schen Angaben berechnet sich der Gesamtverbrauch an Sauerstoff in 24 Stunden für einen Erwachsenen unter den angegebenen Lebensbedingungen im Mittel zu 746 Gramm Sauerstoff, seine Kohlensäureabgabe während der gleichen Zeit auf 891 Gramm; das Verhältniss des aus der eingeathmeten Luft verschwundenen zu dem in der Ausathmungsluft in der Kohlensäure wiedererscheinenden Sauerstoffs ist: 100 : 869. Etwas kleinere Werthe für die tägliche Kohlensäureausscheidung des Menschen unter den von SPECK eingehaltenen Verhältnissen bei Körperruhe und der nur durch den normalen Appetit geregelten gemischten Kost der höheren Stände ergaben meine für 24 Stunden berechneten, sondern für diesen Zeitraum wirklich ausgeführten Bestimmungen (mit dem v. PETTENKOFER'schen Respirationsapparat); ein gesunder jugendlicher Mann (72 Kilogramm Körpergewicht) schied im Mittel in 2 Versuchen aus 759,5 und 791,4 Gramm Kohlensäure, im Mittel also 775,3 Gramm.

Die quantitativen Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe in der Athmung schwanken je nach der grösseren oder geringeren Intensität der Gesamtstoffwechselvorgänge im Organismus. Jene Bedingungen, welche den Gesamtstoffwechsel ansteigen oder abfallen lassen, haben im letzteren Erfolg den gleichen Einfluss auf den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureabgabe in der Athmung. Da sich aber der in der Athmung aufgenommene Sauerstoff nicht so ohne Weiteres im Körper mit dem Kohlenstoff der Organbestandtheile zu Kohlensäure verbindet, sondern zunächst zur Bildung verschiedener Zwischenglieder zwischen den chemisch hochzusammengesetzten Körperbestandtheilen und den Endprodukten ihrer organischen Oxydation Verwendung findet, so werden sich selbstverständlich in kleineren Beobachtungszeiten die Mengen des in der Athmung verschwundenen Sauerstoffs und der in der Expirationsluft wieder erschienenen Kohlensäure nicht immer in den gleichen Verhältnissen vermehrt und vermindert zeigen können; die Ausgleichung erfolgt erst in etwas grösseren Zeiträumen und nur dann schon in 24 Stunden, wenn der Körper in dieser Zeit in vollkommenes Gleichgewicht mit seinen äusseren und inneren Lebensbedingungen gesetzt hat.

Das Bedürfniss nach Sauerstoff wächst mit der zunehmenden mechanischen Leistung der Zellen, der Organe, des Gesamtkörpers, und das Bedürfniss »der Zellen« nach Sauerstoff, d. h. ihr Sauerstoffverbrauch, ist die einzige normal bestehende regulirende Einrichtung für die Sauerstoffaufnahme aus dem Blut und in dieses aus der Athemluft. Mit der gesteigerten mechanischen Leistung steigt, wie der Sauerstoffconsum, so auch die Produktion der Endglieder der organischen Oxydation der Körperstoffe, vor Allem der Kohlensäure, aber auch Wassers und der krystallinischen, stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte.

Vor den Untersuchungen PFLÜGER's (cf. S. 207) hatte man sich die hier obwaltenden Verhältnisse im Principe anders gedacht. Nicht das Bedürfniss »der



Zellen«, sondern eine grössere oder geringere Menge des ihnen zug Sauerstoffs sollte die Grösse des Sauerstoffconsums und der Stoffzer und damit die der Kohlensäurebildung in der Athmung reguliren, etwa ein Feuer durch gesteigerte Wirkung des Gebläses stärker angefacht, Sauerstoffverbrauch und seine Kohlensäurebildung dadurch vermehrt kann (S. 199, GALEN). Man schien für diese Anschauung eine Anzahl gründeter experimenteller Versuchsergebnisse anführen zu können, welchen durch stärkere, energischere Lungenventilation nicht die Vermehrung der Sauerstoffaufnahme in das Blut, sondern auch eine gesteigerte Kohlensäureabgabe erfolgt. (Bei künstlich gesteigerter Athmung tritt der S. 520 geschilderte Zustand der Apnoe ein, in welchem das arterielle Blut als normal Sauerstoff aufgenommen hat und sogar vollständig mit Sauerstoff gesättigt sein kann.) In Beziehung auf die Kohlensäureausscheidung lehnen die Versuche VIERORDT's, welche durch LOSSEN u. A. im Wesentlichen bestätigt wurden, in der Veränderung der Zahl und Tiefe der Athemzüge Einflüsse, durch welche die Menge der in der Expirationsluft erscheinenden Kohlensäure verändert, resp. gesteigert werden kann. In dem gleichen ein- und ausathmeten Luftvolumen erscheint mehr Kohlensäure, wenn der Luftzug tiefer, aber seltenere Athemzüge erfolgte. Athmet man in der Zeiteinheit bei gleicher Tiefe häufiger, oder bei gleicher Häufigkeit der Athemzüge tiefer, so wird zwar meist procentisch die Kohlensäuremenge in der ausathmeten Luft verringert (BERG fand sie vergrössert), absolut aber steigt die Kohlensäureabgabe aus. Bei sehr schnellem Athmen, ohne Regulirung der Tiefe der Inspirationen, fand VIERORDT das gleiche Verhältniss; die Beobachtungen LOSSEN's zeigen aber, dass, wenn die raschen Athemzüge gleich sehr flach sind, hierbei auch eine absolute Verminderung der Kohlensäureabgabe eintreten kann. Wir sind also im Stande, dadurch, dass wir z. B. durch gesteigerte Lungenventilation den Kohlensäuredruck (Kohlensäuregehalt der Lungenluft vermindern, in der Zeiteinheit mehr Kohlensäure aus der Lunge heraus zu schaffen, da die Kohlensäurediffusion zwischen Lungenblut und Lungenluft um so rascher vor sich geht, je grösser die Differenz der Kohlensäurespannung zwischen beiden ist. Damit stimmt überein, dass eine Steigerung der Kohlensäureabgabe in der Athmung auch erzielt werden kann durch weitere Verminderung des in der normalen Atmosphäre schon an sich so niedrigen Kohlensäuredrucks, indem wir z. B. in sonst normaler, aber im Allgemeinen verdünnter Luft bei geringerem Luftdruck athmen (VIERORDT u. A.). Die Abhängigkeit der Ausscheidungsgrösse der Kohlensäure von dem hohen oder geringeren Kohlensäuredruck der Atmosphäre, in welcher geathmet wird, zeigt sich auch darin, dass die Kohlensäureabgabe immer geringer, ja selbst unterdrückt und in eine Kohlensäureaufnahme in das Blut verwandelt werden kann, wenn z. B. in geschlossenem Athemraum der Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft steigt und zuletzt den des Blutes übertrifft. Bei Kanarienvögeln treten dann Vergiftungserscheinungen durch Kohlensäure auf, wenn in dem Thiere aufgenommene Volum Kohlensäure die Hälfte ihres Körpervolums erreicht hat (W. MÜLLER).

PFLÜGER's Experimente beweisen aber, dass diese sich übrigen



quantitativ nur in sehr engen Grenzen haltenden, nach HOPPE-SEYLER auch zeitlich eng umgrenzten Veränderungen des Lungengaswechsels, beruhend auf einer Veränderung der Diffusionsbedingungen der Kohlensäure (und des Sauerstoffs), keinen Einfluss auf den Gesamtstoffwechsel haben. PFLÜGER konnte experimentell constatiren, dass bei den energischsten Athembewegungen, auch bei reiner Sauerstoffzufuhr, die Sauerstoffaufnahme in die Körperorgane aus dem Blute nicht grösser ist, als bei gewöhnlicher Athmung: die Sauerstoffaufnahme aus dem Blut, der Sauerstoffverbrauch des Organismus ist von der Athemmechanik unabhängig; die künstliche Athmung und das Bestehen des apnoischen Zustandes trotz der dabei eintretenden vollkommenen Sättigung des arteriellen Blutes mit Sauerstoff haben weder eine Aenderung des Sauerstoffverbrauchs, noch der Kohlenanbildung zur Folge (PFLÜGER).

Dagegen erhöht Alles, was die Lebensthätigkeit des Gesamtorganismus, seiner Organe, seiner Zellen steigert, die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe in der Athmung e. v. v. Daraus ergibt sich, dass Nahrungsaufnahme und Nahrungsenthaltung, Schlaf und Wachen, Arbeit und Ruhe, Erniedrigung und Erhöhung der Lufttemperatur u. m. a. bei dem menschlichen Individuum wesentliche Aenderungen in der Quantität der in der Athmung gewechselten Gase hervorbringen müssen. Die Beobachtungen von VIERORDT, BERG, PETTENKOFER u. VOIT u. A. ergeben in diesem Sinne eine innige Abhängigkeit der Athmung von den Tageszeiten bei normalen Lebensgewohnheiten. Das Volum der Athemluft und ihr procentischer Gehalt an Kohlensäure sind während der Nacht am geringsten, einige Zeit nach dem Essen am grössten. BERG sah von Morgens 7 Uhr an Athemvolum und Kohlensäuremenge bis 11 Uhr ansteigen, dann bis 4 Uhr (Mittagessensstunde) etwas absinken; nach dem Mittagessen stiegen beide Grössen 4—5 Stunden lang an, dann folgt das Zurückgehen, welches um 8 Uhr das (leichte) Abendessen für 2 Stunden in das Ansteigen verwandelt, worauf während der Nacht das schon erwähnte Sinken der Gesamtmithmung eintritt. Nach Alkoholgenuss sinkt dagegen die Kohlensäureabgabe in der Athmung sofort (VIERORDT, BERG). Entsprechend den 1829 dargestellten Ergebnissen PFLÜGER's über die Einwirkung der äusseren Temperatur und der Körperwärme auf den Stoffwechsel von Thieren haben BERG u. A. nachweisen können, dass bei dem Menschen durch äussere Erniedrigung der Temperatur sowohl die Sauerstoffaufnahme, als die Kohlensäureabgabe ansteigen. Sehr bedeutend wirken nach der Seite der Erhöhung der Gesamtmithmung gesteigerte Muskelanstrengungen. Für kürzere Beobachtungszeiten haben wir hierüber die Untersuchungen SPECK's am Menschen anzuführen, welche durch die zahlreichen Versuche anderer Autoren an kalt- und warmblütigen Thieren bestätigt werden. PETTENKOFER und VOIT haben den Gesamtstoffwechsel des Menschen bei relativer Ruhe und Muskelarbeit während stündiger Perioden mit dem PETTENKOFER'schen Apparate untersucht, wodurch in sehr anschaulicher Weise die hier obwaltenden Verhältnisse bei verschiedener Ernährung klar gelegt wurden. In Beziehung auf die Kohlensäureabgabe fanden sie an der gleichen Versuchsperson:

I. Hungerzustand.	Ruhe:	695	Gramm	CO <sub>2</sub>	in 24 Stunden ausgeschied	
	Muskularbeit:	1187	-	-	-	-
II. Mittlere Kost.	1. Ruhe:	912	-	-	-	-
	Muskularbeit:	1285	-	-	-	-
	2. Ruhe:	930	-	-	-	-
	Muskularbeit:	1134	-	-	-	-
III. Eiweissreiche Kost.	1. Ruhe:	1008	-	-	-	-
	2. Ruhe:	1038	-	-	-	-
IV. Stickstofffreie Kost.	Ruhe:	839	-	-	-	-

Lebensalter, Geschlecht, Temperamente, Constitutio Beschäftigungsweise, Lebensgewohnheiten, psychische Stimmungen, Jahreszeiten etc. gehen unverkennbar, ähnlich wie die Thätigkeiten, mit bestimmten Ernährungs- und Thätigkeitszuständen des Körpers Hand in Hand; darin liegt der Grund, warum bei ihnen die Gasabgabe in der Athmung mit dem Gesamtstoffwechsel sich in bestimmter Weise charakterisirt (cf. oben S. 230).

Wir haben in den bisherigen Betrachtungen an dem Grundsatz festgehalten, dass die Abgabe der im Blut gelösten Kohlensäure an die Lungenluft den Gesetzen der Diffusion, begründet in der Differenz des Kohlensäurepartialdrucks resp. der Kohlensäurespannung in Blut und Lungenluft vor sich gehe. Wir verdanken vorwurfsfreie vergleichende Bestimmungen über die Kohlensäurespannung im Lungenblute und in der Luft der Lungenbläschen Pflüger und seinen Schülern, unter diesen namentlich Nussbaum.

Die Luft in den Gesammthohlräumen der Lunge ist procentisch nicht homogen zusammengesetzt. Die Luft der Lungenbläschen und kapillaren Bronchien, welche direct mit der Quelle der Kohlensäure im Blute communicirt, enthält procentisch mehr Kohlensäure, als die Luft der weiter von dieser Quelle entfernten Trachea, der grösseren Bronchien und Bronchialäste.

Der Beweis, dass die Kohlensäureabgabe aus dem Blut in die Lungen wirklich auf einem physikalischen Diffusionsvorgang beruhe, kann nur dadurch geführt werden, dass eine vollkommene Ausgleichung der Kohlensäurespannung im Lungenblute und in der Luft der Lungenbläschen festgestellt wird.

Pflüger ist es gelungen, indem er, ohne Beeinträchtigung der normalen Respiration, einen Lungencatheter auf die einfachste Weise luftdicht in eine Bronchialzweig einführte, die Luft aus den Lungenalveolen eines Hundes und gleichzeitig bei demselben Thiere venöses Blut aus dem rechten Herzen zu entziehen. Nussbaum's Bestimmungen ergaben hierbei, dass unter dieser Versuchsanordnung wirklich die Kohlensäurespannung in der Luft der Lungenbläschen identisch gefunden wird mit der in dem Blute, welches das rechte Herz den Lungen zuführt; der Procentwerth stellt sich bei beiden auf 3.8, was einer Atmosphäre entspricht. Diese Versuche ergeben also die theoretisch postulierte vollkommene Ausgleichung der Spannung der Kohlensäure des Blutes mit der Lungenluft, wie sie die Gesetze der einfachen Diffusion verlangen.

Vierordt hatte gefunden, dass bei längerer Zurückhaltung der Luft in den Lungen der Kohlensäuregehalt derselben steige und zwar, wie man zunächst glaubte, bis zur Höhe der Kohlensäurespannung in den Lungenkapillaren. Ludwig und Becher suchten im Anschluss

Die Versuche den Werth der Kohlensäurespannung in den Lungenkapillaren des Menschen willkürliches Zurückhalten der Athemluft in den Lungen, bis sich in der ganzen Luft ausgeglichen hatte, zu bestimmen. Man wollte, als wäre unter diesen Umständen nur die Kohlensäuremenge dieser Luft zu messen, den gewünschten Werth der normalen Kohlensäurespannung im Lungenblute zu erhalten. Die Kohlensäurespannung der in den Lungen zurückgehaltenen Luft zeigte jedoch auffällige Abweichungen: von 5,9—8,5%, welche sich aus störenden Einwirkungen der Athembehinderung auf die Kohlensäureabgabe aus dem Blute, wodurch eine anormale Steigerung der Kohlensäurespannung in demselben entsteht, theils wahrscheinlich auch auf die Kohlensäureabgabe selbst erklären.

Nach den Experimenten LUDWIG's mit BECHER, HOLMGREN, SCHÖFFER, SCZELKOW u. A. hielt man bisher im Gegensatz gegen die Darstellung PFLÜGER's ziemlich allgemein eine aktive Austreibung der Kohlensäure in der Lunge für bewiesen. Nach LUDWIG wäre der Kohlensäuredruck in der Alveolenluft gewöhnlich so bedeutend, dass das venöse Blut die Kohlensäure an dasselbe abgeben könnte, wenn diese Abgabe auf den Gehalt des Blutes einfach diffundirte Kohlensäure beschränkt bliebe. Man müsste annehmen, dass in dem Lungenkapillarblute die Kohlensäurespannung momentan gesteigert wird, so dass sie die Spannung in der Alveolenluft übertrifft, welche letztere dann Kohlensäure nach den Gesetzen der Diffusion aufnehmen könnte. Mit SCHÖFFER und SCZELKOW fand LUDWIG, dass das Blut nach dem Durchtritt durch die Lungen an festgebundener Kohlensäure ärmer sei als das arterielle. Man hat bei diesem postulirten Austreibungs Vorgang an die oben erwähnte Säurebildung im Gewebe der Lunge gedacht. Nach den Untersuchungen LUDWIG's und seiner Mitarbeiter wäre es wahrscheinlich, dass die Blutkörperchen unter Mitwirkung des Sauerstoffs sich an der Kohlensäureaustreibung betheiligen. Man schwankte, ob man diese ausströmende Wirkung dem Oxyhaemoglobin (PREYER) oder den aus der Zersetzung desselben bei der Bildung der Blutkörperchen entstehenden Säuren oder anderen Ursachen zuschreiben sollte. Dass in einem mit Sauerstoff gefüllten Raum mehr Kohlensäure abgibt als an das Vacuum, hat LUDWIG mit HOLMGREN gezeigt.

**Lebensalter und Athmung.** — C. LUDWIG hat aus den Beobachtungen von ANDRAL, GAVARRET, SCHARLING, VALENTIN und VIERORDT eine Reihe zusammengestellt, welche, freilich ohne Berücksichtigung der Nahrung und wechselnden Thätigkeit der Organe, eine Abhängigkeit der stündlichen Kohlensäureausscheidung von dem Alter zeigt. Die Tabelle lehrt, dass bei dem Manne mit zunehmender Körperentwicklung auch die stündlich ausgeschiedene Menge von Kohlensäure zunimmt, mit der Abnahme der Körperkräfte im höheren Alter sinkt auch die betreffende Abgabe wieder. Dasselbe Gesetz, aber weniger deutlich, lässt sich auch aus den Beobachtungen der genannten Autoren an Frauen. In der Tabelle, die nur auf männliches Geschlecht bezieht, ist die Kohlensäure auf Kohlenstoff berechnet.

Alter:	8—14 Jahre	C in Gramm	7,2 pr. 1 hor.	ANDRAL, GAVARRET
-	-	- - -	6,4 - - -	SCHARLING
-	15—25	- - -	10,7 - - -	ANDRAL, GAVARRET
-	-	- - -	10,8 - - -	SCHARLING
-	26—50	- - -	11,0 - - -	ANDRAL, GAVARRET
-	-	- - -	11,4 - - -	SCHARLING
-	-	- - -	10,7 - - -	VALENTIN
-	-	- - -	8,0 - - -	VIERORDT
-	51—60	- - -	11,0 - - -	ANDRAL, GAVARRET
-	61—70	- - -	10,2 - - -	-
-	71—80	- - -	6,0 - - -	-
-	81—102	- - -	7,3 - - -	-

GNACHT und REISER fanden, dass junge Thiere derselben Art eine grössere Sauerstoffaufnahme zeigen als alte, ebenso gesunde magere eine grössere als sehr fette Indi-

viduen. Auf gleiches Körpergewicht berechnet nehmen kleinere Individuen derselben mehr Sauerstoff auf als grössere.

**Nahrung und Athmung.** — Nach meinen an mir selbst angestellten Beobachtungen ist die stündliche gesammte Kohlensäure- oder Kohlenstoffausscheidung durch Lungen bei demselben jugendlichen Individuum (24 Jahre) sehr schwankend. Im Hungerstande wurden in einer Stunde gefunden 7,5 Gramm, bei normaler Nahrung 9,0 Gramm, bei möglichst gesteigerter Nahrungsaufnahme 10,52 Gramm. Das Körpergewicht des Versuchstheieres war im Durchschnitt 72 Kilogramm.

Nahrung:

Hunger	. . . . .	CO <sub>2</sub>	662,9 = C 180,8 pr. 24 hor. C 7,5 pr.
-	. . . . .	-	663,5 = - 180,9 - - - - 7,5 -
stickstofflose Nahrung	. . . . .	-	735,2 = - 200,5 - - - - 8,5 -
gemischte Kost	. . . . .	-	759,5 = - 207,0 - - - - 8,6 -
-	. . . . .	-	791,1 = - 215,7 - - - - 9,0 -
4 Pfd. Fleisch	. . . . .	-	847,5 = - 231,1 - - - - 9,6 -
möglichst grosse Nahrungsmenge		-	923,6 = - 252,4 - - - - 10,5 -

**Temperatureinflüsse auf die Athmung.** — I. Veränderung der Körpertemperatur ohne wesentliche Aenderung der Körperwärme. Bei warmblütigen, nicht winterschlafenden animalen Wesen eine Steigerung des Wärmeverlustes aus dem Körper, z. B. durch eine Erniedrigung der äusseren Temperatur, ohne dass die Körpertemperatur dadurch (wesentlich) verändert wird, so zeigt sich der Athmungsvorgang in allen Beziehungen gesteigert: die Respirationsbewegungen werden beschleunigt und verstärkt, die Athemzüge werden vertieft und beschleunigt, dabei wird in der Zeiteinheit mehr Sauerstoff aufgenommen und mehr Kohlensäure abgegeben. Es besteht eine allgemeine Steigerung der wärmeproducirenden Processe im Körper unter den genannten Bedingungen. Das Verhältniss kehrt sich um bei einer Verminderung des Wärmeverlustes aus dem Körper. Schon am Ende des vorigen Jahrhunderts beobachtete an Meerschweinchen AD. CRAWFORD die Steigerung der Sauerstoffaufnahme bei Erniedrigung der Temperatur. LAVOISIER und SEGUIN, DELAROCHE, SANDERS-EZA, VIERORDT, LETELLIER, CANNON erweiterten dieses Resultat, indem sie auch die gleichzeitige Steigerung der Kohlensäureabgabe constatirten. Die Beobachtungen, theilweise mit ziemlich ungenügenden Versuchsvorrichtungen gewonnen, waren jedoch nicht eindeutig genug, so dass sie die damals getretene Meinung, dass die Konstanterhaltung der Körpertemperatur der Warmblütigen gegen die Einwirkung verschiedener äusserer Temperaturen nicht in einer Veränderung der Wärmeproduktion, sondern lediglich in einem je nach der verschiedenen Wirkung der Wärmeabgabe der animalen Wesen regulirenden Momente (cf. unten: animale Wärmeabgabe) verschieden grossen Wärmeabfluss begründet sei, nicht zum Verstummen bringen konnten. Auch gegen die neuerdings versuchten experimentellen Beweise einer quantitativen Regulirung der Wärmeproduktion (HOPPE-SEYLER, LIEBERMEISTER u. A.), und gegen die neuerdings übereinstimmende Bestimmungen der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe unter dem Wechsel der äusseren Temperatureinflüsse (GILDEMEISTER, L. LEHMANN) konnte diese Meinung noch festgehalten werden (SENATOR). Erst die oben (S. 229) citirten Versuchsergebnisse PFLÜGER's mit seinen Schülern COLASANTI und FINKLER, und die auf längere Beobachtungsperioden fussenden Resultate, welche Dr. med. H. THEODOR in Bayern und später VOIT gewannen, anschlossen, haben mit voller Deutlichkeit erwiesen, dass, neben den wichtigen regulirenden Einrichtungen für den Wärmeabfluss, Veränderungen der äusseren Temperatur auch jene einleitend erwähnte, correspondirende Veränderung in der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäurebildung, und damit auch in der Wärmebildung eintrete. Die unter PFLÜGER's Leitung an Meerschweinchen angestellten Versuche hatten folgende Hauptergebnisse, Mittelwerthe in cc berechnet auf 1 kg Thier und 1 Stunde:

## mittlere Temperaturdifferenzen während der Versuche:

	I. 16,90—7,03°		II. 21,30—7,80		III. 26,24—3,64°	
ener Sauerstoff . . .	1086,8	1496,66	1134,8	1642,4	1118,5	1856,5
ene Kohlensäure . . .	937,01	1202,44	992,8	1457,1	1037,4	1554,8
des Sauerstoffs in der						
ure zum aufgenom-						
uerstoff . . . . .	0,86	0,80	0,88	0,88	0,94	0,88

isreihen I. und II. (je 10 Versuche) sind von COLASANTI im Sommer, die Reihe III. e; von FINKLER im Winter angestellt; bei letzteren betrug für je 1° Temperatur- ie Vermehrung des aufgenommenen Sauerstoffs 32,1, die der ausgeschiedenen e 20,2 cc. Die individuellen Verschiedenheiten, welche alle Thiere zeigten, verht das Resultat, dass unter sonst möglichst gleichen Bedingungen die Sauerstoff- n Winter eine beträchtlich stärkere ist, als im Sommer (+ 23 %).

n auch den Gesamtstoffwechsel berücksichtigenden 22, je 6 Stunden dauernden von Dr. med. HERZOG CARL THEODOR in Bayern, welche an einer Katze mit en, dem PETTENKOFER'schen nachgebildeten, Respirationsapparat im Laboratorium führt wurden, berechnen wir folgende Mittelwerthe in Gramm für das Gesamt- Stunden ohne weitere Reduktion:

## Mitteltemperatur ° C.:

	I. —3,00 bis —5,50	II. +0,20 bis 5,00	III. +12,80 bis 19,80	IV. +20,10 bis 30,80
ener Sauer-				
. . . . .	19,41	17,84	15,46	12,84
ene Koh-				
. . . . .	20,40	19,20	16,24	13,40
: Abnahme				
ergewichts	12,30	12,80	15,90	16,40

n grossen PETTENKOFER'schen Respirationsapparat stellte C. VOIR 9, ebenfalls je 6 uernde Versuche an einem 71 Kilogramm schweren Menschen an bei mög- gleichbleibender Körperruhe; in Gramm finden wir folgende Mittelwerthe ohne uktion:

## Mitteltemperatur ° C.:

	I. +4,40 bis 9,00	II. +14,30 bis 23,70	III. +23,70 bis 30,00
iedene Kohlensäure	203,00	156,6	165,5
iedener Harnstoff .	4,46	3,94	3,57

iese Versuche am Menschen, bei denen sich im Einzelnen die aus vorausgehen- edenen Ernährungs- und Arbeitseinflüssen resultirenden Stoffwechselverschieden- er störend geltend machten, bestätigten die gleichzeitige Steigerung des Gesamts- es, welche die Versuche an der Katze (HERZOG KARL THEODOR) vollkommen klar ten. VOIR's Versuche ergeben bei dem Menschen auch bei Steigerung der äusseren über 23,70 eine geringe Erhöhung des respiratorischen Gaswechsels.

össer der Wärmeverlust ist, welchen ein Mensch oder ein tiges Thier ohne (wesentliche) Aenderung seiner Eigentempe- fährt, um so grösser zeigt sich sein Gesamtstoffwechsel: fnahme und Kohlensäureabgabe, Harnstoffausscheidung und gesammter Stoffver- drigung der Aussentemperatur bedingt unter diesen Verhältnissen gesteigerte ldung des Organismus etc. Diese Regulirung des Stoffverbrauchs bei er Temperatur erfolgt unter nervösen Einflüssen (PFLÜGER).

änderung der Körpertemperatur in ihrem Einfluss auf Athmung mmtstoffwechsel. — Auch über diese, für Physiologie und Pathologie (Fie- ) gleich wichtige Frage verdanken wir PFLÜGER und seinem Schüler HUGO SCHULZ



die grundlegenden Beobachtungen, deren Hauptresultate wir oben (S. 229, Ernährungs-  
suche II. Gruppe, mitgetheilt haben: mit Zunahme der Körpertemperatur steigt bei Kalt-  
blütern, Froschen, in sehr regelmässiger Progression der Sauerstoffverbrauch und die Kohl-  
säureabgabe d. h. der Gesamtstoffwechsel. Bei Warmblütern waren die Resultate in  
meist weniger eindeutig, da es hier bei der energischen Wirkung der die Körperwärme-  
regulierung besorgenden Momente schwerer hält, jene die Oxydationsprocesse des Körpers erhöhte  
Wirkung der gesteigerten Wärmeabgabe, mittelst welcher man den Körper zu erwärmen  
von der vermindernenden Wirkung der herabgesetzten Körpertemperatur e. v. v. zu trennen.  
Nach den Experimentalergebnissen PFLÜGER's wächst aber auch bei den Warmblütern  
Oxydationsprocess proportional der Temperatur der Organe, wenn die regulirenden Mo-  
der Wärmeabgabe ausser Thätigkeit gesetzt wurden. Eine Verminderung der Sauer-  
stoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bei Körpererwärmung e. v. v. haben für Warmblüter  
die Beobachtungen an Winterschläfern oder wechselwarmen Thieren er-  
f. unten bei Thierische Wärme. Im Winterschlaf, wobei die Körpertem-  
peratur herabgesetzt ist, zeigt sich eine sehr bedeutende Verminderung der Sauerstoffaufnahme  
Kohlensäureabgabe in der Respiration, beide steigen, sowie mit dem Erwachen des Thiers  
die Körpertemperatur sich erhebt. Sinkt die Körpertemperatur nicht-winterschlafender  
Warmblüter unter ca. 28—26°, so vermag die Wärmeregulierung die Wirkung der  
nicht mehr zu compensiren und es erfolgt durch die Abkühlung eine deutliche Abnahme  
Oxydationsprocesse PFLÜGER's. Erhöht man die Körpertemperatur nicht-winterschlafender  
Warmblüter künstlich, so steigt die Anzahl der Athemzüge und die Menge der in der  
einheit ausgeschiedenen Kohlensäure 'L. LEHMANN, C. VOIT', sowie des Harnstoffs 'G. SER-  
MATHIE' und URBAIN wollen im arteriellen Blute künstlich höher erwärmter Thiere  
bei 43° C. Körpertemperatur, eine sehr beträchtliche Zunahme des Sauerstoffgehalts ge-  
haben, gleichzeitig eine Verminderung des Kohlensäuregehalts. CL. BERNARD hat u.  
lehrt, durch operative Eingriffe (Durchschneidung des Halsmarks warmblütige Thiere  
einen kaltblütigen Zustand zu versetzen; hierbei fand EALEY eine Herabsetzung der Koh-  
säureabgabe. Dasselbe ergaben seine Versuche an »gefürnissten« Thieren, die sich ab-  
abkühlten. Nach PFLÜGER wird durch Halsmarkdurchschneidung der ganze Oxyd-  
process wesentlich herabgesetzt, die Sauerstoffaufnahme, wie die Kohlensäureabgabe  
mindert. Die Verhältnisse sind in beiden Fällen aber weit complicirter, als bei jenen  
erwähnten Versuchen PFLÜGER's bei Kaltblütern, bei welchen in Folge der Wärmeentz.  
oder Wärmezufuhr für längere Zeit ein konstanter Zustand. Beharrendes 87, 810

etwas gegen 1 zu an; aus den Versuchen bei Körperruhe und verschiedenen Ernährungsweisen ergibt sich aber, dass das Sauerstoffverhältniss bei Muskularbeit sich dem bei gewöhnlichen Zersetzung von Eiweiss im Körper, d. h. bei eiweissreicher Kost, mehr annähert, und sich von dem bei reichlicher Zersetzung von Kohlehydraten mehr entfernt. Das Sauerstoffverhältniss ist bei Arbeit von dem bei gemischter Kost wenig verschieden. Folgende Tabelle gibt für die schon S. 532 nach anderer Richtung dargestellten Versuche die quantitativen Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme und -Abgabe während 24 Stunden, darunter Arbeitstunden, für die beobachteten Menschen ohne weitere Reduktionen:

Verhältniss des Sauerstoffs in der ausgeschiedenen CO<sub>2</sub> zum aufgenommenen Sauerstoff:

I. Hungerzustand.	Ruhe:	. . . . .	0,68	Gramm
	Muskularbeit:	. . . . .	0,80	-
II. Mittlere Kost.	1. Ruhe:	. . . . .	0,94	-
	Muskularbeit:	. . . . .	0,98	-
	2. Ruhe:	. . . . .	0,78	-
	Muskularbeit:	. . . . .	0,82	-
III. Gemischte Kost.	Ruhe:	. . . . .	0,84	-
IV. Eiweissreiche Kost.	1. Ruhe:	. . . . .	0,90	-
	2. Ruhe:	. . . . .	0,86	-
V. Stickstofffreie Kost.	Ruhe:	. . . . .	0,75	-
bei Arbeit im Mittel . . . . .			0,866	Gramm
bei Ruhe bei mittlerer und gemischter Kost im Mittel			0,853 — 0,043	-
bei Ruhe bei eiweissreicher Kost im Mittel . . . .			0,870 + 0,004	-
bei Ruhe bei eiweissfreier Kost . . . . .			0,750 — 0,146	-

Die Ergebnisse scheinen sonach für eine ziemlich gleichmässige Betheiligung aller Organe, auch des Eiweisses, an den Zersetzungs Vorgängen im tetanisirten Muskel zu sprechen. Wie innig die Wärmeproduktion und Wärmeregulirung, sowie die Oxydation von der Thätigkeit der Muskeln abhängt, geht auch aus den Versuchen an gelähmten Menschen und Thieren hervor. Lähmung der Muskulatur durch Curare oder Durchschneidung des Halsmarks setzt die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe, d. h. die Functionen wesentlich herab (PFLÜGER). VOIT'S Versuche an einem durch Wirbelfraktur Gelähmten bestätigen dieses Resultat auch für den Menschen.

Die Beobachtungen von C. SCHMIDT, PETTENKOFER u. VOIT ergaben, dass am Tage stets mehr Kohlensäure ausgeschieden wird, als bei Nacht. Es bezieht sich das auf die am Tage allgemein gesteigerte Lebensthätigkeit, vor Allem die Muskularbeit, nicht auf die Verminderung der Respirationsthätigkeit. Im Schlaf ist das Athmen stets weniger häufig, meist weniger.

Die älteren Versuche, welche über die Einwirkung des Lichts auf die Athmung an gelähmten und sehenden Thieren angestellt wurden (MOLESCHOTT u. A.), haben, weil die Thiere leicht mehr Muskelbewegungen ausführen, ebenfalls eine Steigerung der Kohlensäureabgabe durch das Licht ergeben. Doch scheint nach den neuen Versuchen von PFLÜGER mit Kanarienvögeln, bei denen wachen Kaninchen die Augen bald mit durchsichtigen, bald mit undurchsichtigen Glasdeckeln bedeckt werden, doch das Licht an sich, d. h. die sensible Reizung, entsprechend der Wirkung anderer sensibler Reizungen, eine steigernde Wirkung auf die Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme zu haben. Sie fanden im Dunkeln:

Sauerstoffaufnahme im Dunkeln	=	100	gesetzt, im Licht	=	146
Kohlensäureabgabe	-	-	=	100	-

Resultate, mit denen die neuesten Ergebnisse MOLESCHOTT'S und S. FUBINI übereinstimmen. Zu beachten ist bei Beurtheilung der Lichtwirkung auf die Athmung, dass dem Licht ausgesetzte Theile eines Frosches eine grössere Empfindlichkeit zeigen, als beschattete Theile (MENNOW und WEDENSKI).

**Chemie der Athmung im Fieber.** — Durch die Untersuchungen **LIEBERNEISTER's** fiebernden Menschen (Intermittens) ist sicher gestellt, dass, analog der im Fieber eintretenden Steigerung der Harnstoffausscheidung, bei fiebernden Menschen die Kohlensäureausscheidung sehr beträchtlich erhöht ist. Damit ist der Beweis geliefert, dass sich die erhöhte Fiebertemperatur nicht nur aus der Verminderung des Wärmeabflusses, sondern auch aus einer gesteigerten Wärmebildung erklärt. Bei Intermittens steigt, etwa bis zur 3. Stunde, die Kohlensäureabgabe mit der zunehmenden Körpertemperatur, später sinkt die Ausscheidung wieder etwas, trotzdem dass die Wärme hoch bleibt. In Gramm fand **LIEBERNEISTER** je zweistündigen Versuchsperioden Kohlensäure:

	Frost- und Hitzestadium:	Schweissstadium:	Apyrexie:
I.	77,6	73,5	58,6—63,9
II.	69,3	56,9	53,7—58,3

An Hunden beobachteten **LEYDEN** und **FRÄNKEL** die Steigerung der Kohlensäureabgabe während Fieber nach Eiterinjection in den Muskel. An einem fiebernden, hungernden Meerschweinchen untersuchte **PFLÜGER** mit **COLASANTI** auch die Sauerstoffaufnahme. Sie fanden in  $cc$  bei  $0^0$  und  $0,76$  m Druck folgende Werthe für beide Gase auf 4 Kilogramm Thier 4 Stunde gerechnet:

	Sauerstoffaufnahme:	Kohlensäureabgabe:	Temperatur	
			im Rektum:	in der L.
fieberfrei: . . .	948,47	873,06	37,4 $^0$ C.	48,70 (
fiebernd: . . .	1137,80	949,50	38,50 C.	47,50 (
stärker fiebernd: .	1242,60	1204,59	39,70 C.	45,90 (

In den Fieberversuchen war die äussere Temperatur etwas (im Maximum etwa  $30^0$  C.) niedriger, als während des fieberfreien Zustandes. Da aber nach **PFLÜGER** und **COLASANTI** Zunahme der Sauerstoffaufnahme für  $1^0$  Temperaturabnahme nur 32,4  $cc$ , die der Kohlensäureabgabe 20,2  $cc$  beträgt, so ist trotzdem die durch das Fieber bedingte Steigerung bei vollkommen deutlich.

**Blutkörperchen und Sauerstoffaufnahme. Weitere Luftveränderungen bei der Athmung.**

Obwohl die Sauerstoffaufnahme in den Lungen ein vorwiegend chemischer Vorgang ist, so sehen wir doch eine Reihe von anderweitigen Bedingungen auf sie Einfluss ausüben. Vor Allem sehen wir, dass der Procentgehalt der Luft an Sauerstoff nicht unter ein bestimmtes Minimum sinken darf, ohne dass Athemnoth oder Erstickung eintritt. Nach **W. MÜLLER** sterben Kanarienvögel rasch in einer Luft, welche nur 3% Sauerstoff enthält; bei 4,5% ist die Athmung schwer, bei 7,5% immer noch tiefer als normal; erst bei 14,8% sind die Bewegungen der Athmung ganz regelmässig. Da bei dem Menschen der Sauerstoffgehalt in der Ausathmungsluft zwischen 14 und 18% schwankt, genügt dieselbe Luft also noch weiter zur normalen Erhaltung des Athmens. Durch Athmen (Ersticken) im abgeschlossenen Luftraum wird schliesslich der Sauerstoff desselben fast gänzlich verzehrt.

Da die Aufnahmefähigkeit des Blutes für Sauerstoff zunächst von der Menge der Blutkörperchen, d. h. von dem Haemoglobin derselben abhängig ist, so zeigt sich der Gehalt des arteriellen Blutes an Sauerstoff dem Haemoglobingehalt desselben proportional und schwankt bei verschiedenen Individuen mit dem letzteren auf- und abwärts. Normal ist das Arterienblut stets zu etwa  $\frac{9}{10}$  gesättigt.

Sauerstoff gesättigt (PFLÜGER), bei Apnoe ist die Sättigung eine fast oder wirklich vollkommene. Neben der Zahl und Grösse der Blutkörperchen ist auch die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Lungen von Einfluss auf den Mechanismus der Sauerstoffaufnahme; mit der grösseren Zahl der in der Zeiteinheit die Lungenkapillaren passirenden Blutkörperchen wächst die Absorptionsfläche für Sauerstoff. Das Volum des einzelnen Blutkörperchens von mittlerer Grösse bestimmte WELCKER, indem er aus Gyps nach den Verhältnissen der Blutkörperchengrösse gefertigte Schemata benutzte, zu 0,000000072247 Cb.-mm. Da 1 Cb.-mm Blut 5 Millionen Blutkörperchen enthält, erreicht deren Gesamtvolum 0,36 Cb.-mm, für das Plasma bleibt 0,64 Cb.-mm. Nach WELCKER ist die Oberfläche des schüsselförmigen Körperchens etwas kleiner, als die eines Cylinders von gleicher Höhe und Breite. Sie ergab sich durch Belegung des Modells mit Papier und Wägung des letzteren für ein Blutkörperchen zu 0,000428 □mm. Ein Cubikmillimeter Blut (5 Millionen Blutkörperchen) hat also beim Menschen eine Blutkörperchenoberfläche von 2140 □mm (beim Frosch 220 □mm). Das Gesamtblut des Menschen zu 4400 Cb.-cm angenommen, gibt eine Blutkörperchenoberfläche von 2846 □m, d. h. eine Quadratfläche von 80 Schritt Seitenlänge. Werden in jeder Secunde 476 Cb.-cm Blut in die Lungen getrieben, so repräsentirt die Oberfläche der darin enthaltenen Blutkörperchen eine Quadratebene von 87 □m = 13 Schritt Seitenlänge. Zu diesen bedeutenden Grössen kommt noch die Ausdehnung der Lungenoberfläche. HUSCHKE berechnet die Zahl der Lungenbläschen auf 4800 Millionen, ihre Fläche zu beinahe 200 □m. Durch die Einathmung werden die Lungenbläschen ausgedehnt, ihre nach KRAUSE nur 0,043 bis 0,022 mm dicke Wand noch verdünnt, die Widerstände gegen das Ein- und Austreten der Gase dadurch vermindert (cf. S. 30). Die gleichzeitige Vermehrung der Widerstände durch Dehnung verengerten und verlängerten Kapillaren wird die Blutkörperchen länger in der Sauerstoffberührung zurückhalten, also auch reicher mit Sauerstoff sättigen. Im gesteigerten Maasse wirken in diesem Sinne bei Noth die vertieften Athembewegungen, gesteigerte Lungenventilation.

Die Blutkörperchen können, wie es scheint, auch in ihrem Sauerstoffabsorptionsvermögen Schwankungen erleiden. Manche narkotische Stoffe: Morphin, Strychnin, Alkohol sollen die Absorptionsfähigkeit herabsetzen, vielleicht dürfen wir das auch für andere in der Nahrung aufgenommene Stoffe: Salze, Zucker annehmen; Kohlenoxydgas setzt die Absorptionsmöglichkeit am bedeutendsten herab (HARLEY, BERNARD, HOPPE).

Der eigentliche Sauerstoffkonsument ist die Zelle, das Gewebe (PFLÜGER). Verbraucht der Organismus durch Steigerung der Lebensthätigkeit eines oder mehrerer seiner Organe mehr Sauerstoff, so wird in den Lungen mehr Sauerstoff aufgenommen, indem zunächst die Athmung vertieft und beschleunigt wird, so dass trotz des Mehrverbrauchs der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes der normale bleibt. Die physikalischen und chemischen Momente für Steigerung und Herabsetzung von Sauerstoffaufnahme in den Lungen sind bei gleichbleibendem Sauerstoffverbrauch des Organismus nur von untergeordneter Bedeutung, erst bei relativer Verarmung des arteriellen Blutes an Sauerstoff durch Mehrverbrauch desselben in der Zeiteinheit treten sie in gesteigerte Wirksamkeit.

Die von Wasserdampf befreite ausgeathmete Luft, obwohl sie Stoffe abgegeben und andere eingenommen hat, zeigt ihr Volum im Allgemeinen nur wenig verschieden von der eingeathmeten Luft. Daraus geht hervor, dass die Volumina des aufgenommenen Sauerstoffes und der abgegebenen Kohlensäure nahezu gleich sein müssen (cf. S. 536, Kohlensäure-Sauerstoffverhältniss, respiratorischer Quotient PFLÜGER's). (Die Kohlensäure enthält ein gleiches Volumen Sauerstoff.) Da bei der inneren Athmung der grösste Theil des Sauerstoffes zur Oxydation von Kohlenstoff verwendet wird, so überrascht diese Beobachtung nicht. Wir müssen schon von vorn herein voraussetzen, dass das in 24 Stunden ausgeathmete Volum stets im ganzen etwas kleiner sein muss, als das eingeathmete, da ja der Sauerstoff auch noch neben der Kohlensäurebildung zur Oxydation von Wasserstoff, Stickstoff, Schwefelphosphor verwendet wird, deren Oxydationsprodukte theilweise nicht in der Athmung erscheinen. Das Experiment lässt wirklich eine solche Verminderung des Volumens etwa um 10% ziemlich regelmässig erkennen. Am kleinsten ist dasselbe nach REGNAULT und REISER bei einer Nahrung mit Kohlehydraten, die für Oxydation des Wasserstoffs schon genügend Sauerstoff in ihrer Zusammensetzung enthalten; nach REGNAULT und REISER kann bei Körnerfütterung sogar mehr Sauerstoff in der Kohlensäure der Expiration erscheinen, als aus der inspirirten Luft Sauerstoff verschwand; am stärksten ist es bei Fleischkost und beträgt 0,62—0,80 nach REGNAULT und REISER. Die Classe der Thiere scheint hierbei viel geringeren Einfluss auszuüben, als die Qualität der Nahrung. Bei Hunger kann das Verhältniss etwas niedriger ausfallen, als bei Fleischnahrung. Auf 100 aufgenommenen Sauerstoffse der Mensch nach PETTENKOFER und VOIT in 24 hor. zwischen 69 und 98 Sauerstoff und 31 Kohlensäure aus (S. 537). Merkwürdig ist die Beobachtung, dass winterschlafende Thiere unter Umständen Sauerstoff in sich zurückhalten (VALENTIN) und dadurch schwerer wachen können; Zurückhalten von O sollte sich im Schlafe nach PETTENKOFER und VOIT auch bei Menschen zeigen, was sich jedoch in neueren Versuchen als Täuschung herausgestellt hat (C. S. 206).

Die Aufnahme und Abgabe von Stickstoff durch das Blut ist (im Wachen) nur vom Luftdruck abhängig. Steigt der Luftdruck und damit der Stickstoffdruck der Luft, in welcher geathmet wird, so nimmt, den physikalischen Absorptionsbedingungen des Blutes entsprechend, welche sich von denen des Wassers wenig unterscheiden, das Blut entsprechend mehr Stickstoff auf; umgekehrt gibt das Blut bei vermindertem Stickstoffdruck der geathmeten Luft entsprechend Stickstoff ab. Analog wirken Temperaturdifferenzen. Nach den Beobachtungen von REGNAULT und REISER geben die Thiere stets geringe Mengen (aus dem Stoffwechsel stammenden?) Stickstoffs ab, meist weniger als  $\frac{1}{100}$  des während derselben Zeit aufgenommenen Sauerstoffs. Während und nach dem Hungerzustande, wie auch in Krankheitszuständen nehmen dagegen namentlich Vögel Stickstoff auf. SEEGRUBER und NOWAK geben ebenfalls Stickstoffausscheidung bei Hunden an. PETTENKOFER, VOIT und REISER nehmen an, dass diese Stickstoffabgabe und -Aufnahme lediglich aus Versuchsfehlern erklärt werden könne (cf. oben Stickstoffgleichgewicht S. 206).

Warmblütige Thiere scheiden durch die Perspiration nach REGNAULT und REISER Spuren von Ammoniak und Schwefelwasserstoff, in grösseren Mengen Kohlenwasserstoff ( $\text{CH}_4$ ) und freien Wasserstoff aus.

Die ausgeathmete Luft hat stets ziemlich genau die Temperatur des Körpers, indem in der Lunge ihre Wärme mit der des Blutes ausgeglichen hat. Nur wenn die Temperatur der eingeathmeten Luft sehr niedrig wird, ist diese Ausgleichung keine vollkommene. VALENTIN fand die Wärme der Lungenluft: bei  $-6,80^\circ\text{C.} + 29,80^\circ\text{C.}$ , bei  $+19,50^\circ\text{C.} + 37,00^\circ\text{C.}$ , bei  $+44,90^\circ\text{C.} + 38,40^\circ\text{C.}$

Die in die Lungen meist kälter und trockener eingeathmete Luft wird dort mit Wasserdampf fast vollkommen gesättigt (VALENTIN). Bei sehr raschen Athemzügen tritt keine vollständige Sättigung ein. Die Menge des ausgeschiedenen Wassers wird gering, wenn die Zahl der Athemzüge steigt. Es rührt das sicher daher, dass die häufigeren Athemzüge weniger tief waren, so dass hier dasselbe Verhältniss stattfindet, wie bei der Kohlensäureabgabe, deren Ausscheidung auch, wie angegeben, durch häufigere, flachere Athemzüge



oentisch vermindert wird (S. 530). Die Gesamtwassermenge, welche den rganismus durch die Athmung (Haut- und Lungenathmung) während Stunden verlässt, schwankt zwischen sehr weiten Grenzen. Sie beträgt beim Manne der Ruhe etwas weniger als 1000 Gramm. Bei Nacht im Bett ist sie aber manchmal be- stender als am Tage. Bei Arbeit ist sie um das Doppelte, ja Dreifache grösser als bei Ruhe. **STREKOWA** und **VOIT** fanden für den Menschen bei Ruhe und Arbeit und verschiedener Er- fahrung (cf. oben Tabelle S. 534 u. 537) folgende Werthe für die Wasserausscheidung:

I. Hungerzustand.	Ruhe:	844	Gramm	Wasser	in	24	Stunden	ausgeschieden
	Muskelarbeit:	1777	-	-	-	-	-	-
II. Mittlere Kost.	1. Ruhe:	828	-	-	-	-	-	-
	Muskelarbeit:	2042	-	-	-	-	-	-
	2. Ruhe:	957	-	-	-	-	-	-
	Muskelarbeit:	1442	-	-	-	-	-	-
III. Eiweissreiche Kost.	1. Ruhe:	1110	-	-	-	-	-	-
	2. Ruhe:	1207	-	-	-	-	-	-
IV. Stickstofffreie Kost.	Ruhe:	925	-	-	-	-	-	-

Obwohl die Kohlensäure ein Gift für den animalen Organismus ist, so bewirkt doch die Erhöhung des Kohlensäuregehalts der geathmeten Luft bis etwa zu 4 Vol.-pCt. und so- noch etwas mehr keine bald erkennbaren sächlichen Einwirkungen auf das Leben. Nach **DOHMEN's** unter **PRÜGER's** Leitung ausgeführten Versuchen bewirkt ein grösserer Gehalt der an Kohlensäure, wenigstens während der ersten Minuten ihrer Einathmung, eine Zu- ne in der Tiefe der Athemzüge und Abnahme ihrer Frequenz. Bei weiterer Erhöhung m beim Menschen Zittern, Aufregung, Kopfschmerz ein, schliesslich der Tod. Der letz- erfolgt durch directe Einwirkung der Kohlensäure, nicht aus Sauerstoffmangel (**W. MÜLLER**), kann die tödtliche Wirkung der Kohlensäure durch reichliche Anwesenheit von Sauer- in der geathmeten Luft längere Zeit hinausgeschoben werden. In **DOHMEN's**, sowie **FRIEDLÄNDER's** und **HERTER's** Versuchen starben Versuchsthiere, welche ein Gasgemisch aus Sauerstoff und 50—75 oder 62—65% Kohlensäure athmeten, erst nach  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  Stunden unter der Art Narkose und Herabsetzung der Athmung; die Muskelkraft ist hierbei bedeutend abgesetzt (**HOPPE-SEYLER**). **BIRD** hat angegeben, dass ein Gehalt des arteriellen Blutes von 106,7—116,6, des venösen Blutes von 120,4 Vol.-pCt. CO<sub>2</sub> (bei 76 cm Barometer- stand) den Tod herbeiführe. Nach seinen Beobachtungen schienen kaltblütige Thiere: Fische, Kriechthiere, Eidechsen, Frösche weit empfindlicher, als Warmblüter gegen eine Erhöhung des Kohlensäuredrucks in der geathmeten Luft. **FRIEDLÄNDER** und **HERTER** constatirten dagegen die ältere Bemerkung, dass die Kaltblüter weniger empfindlich auch gegen dieses Gift seien als Warmblüter, von welchen zuerst die Vögel erliegen.

**Zur Entwicklungsgeschichte der Athemfunctionen.** — Ueber den Bau der Placenta, als Athemorgan des Embryo, und das Verhältniss der embryonalen zu den mütterlichen Blutgefässen (cf. oben S. 53 u. 504). **ZWEIFEL** unterband bei eben geborenen Kindern, ehe sie einen Athemzug gethan hatten, die Nabelgefässe und konnte so constatiren, dass, der in l. c. gegebenen Darstellung des Gasverkehrs des Blutes der Frucht mit dem der Mutter entsprechend, das Blut der Nabelvene heller roth ist und mehr Oxyhaemoglobin enthält, als das der Nabelarterie, in welcher das kindliche Blut der Placenta zuströmt. Bei Erstickung älterer Thiere verschwindet auch sehr rasch das Oxyhaemoglobin aus dem Blute des Embryo. Ueber die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels und der Athmung menschlicher Embryonen hat man noch sehr wenig erfahren. Ihre Sauerstoffaufnahme scheint in frühen Stadien ziemlich gering zu sein; **ZUNZ** fand im Blute von Kaninchenembryonen nur 1% des Körpergewichts Haemoglobin.

Die Athmung des im Ei sich entwickelnden Hühnchens hat **BAUMGÄRTNER** untersucht. Im ruhenden, sich nicht entwickelnden Ei konnte er keine Athmung nachweisen, sie ist, wenn auch vorhanden, doch sicher nur gering, und spielt sich wesentlich in der

Eiluft selbst ab. Bei Brüttemperatur beginnt rasch eine wahre Athmung mit Sauerstoffaufnahme und Abgabe von Kohlensäure, in ihren quantitativen Verhältnissen bis zum Schlüpfen des Hühnchens sehr regelmässig ansteigend. Die Wasserabgabe des Eies steigt dagegen in den verschiedenen Stadien der Bebrütung ziemlich gleich. Handelt es sich mit dieser Athmung geht eine ebenfalls ziemlich gleichmässig steigende Gewichtszunahme des bebrüteten Eies, an welcher sich die Eierschale nicht betheiligt (VOLT, HENRI). HENRI fand, dass die Sauerstoffaufnahme des Eies während 24 Stunden stieg vom 1. bis zum 13. langsam und regelmässig von 0,0074 bis 0,0269 = 0,1 Gramm; vom 13. dem Tag vor dem Ausschlüpfen, weit rascher bis zu 0,4455 Gramm. Das ausgeschlüpfte Hühnchen nahm am 24. Tage 0,7817 Gramm Sauerstoff auf. Die Kohlensäureabgabe derselben Weise vom 1. bis 13. Tag von 0,009 bis 0,122 Gramm; vom 13. bis 20. 0,560 Gramm. Das ausgeschlüpfte Hühnchen athmete am 24. Tag 1,008 Gramm Kohlensäure aus. Die Wasserabgabe des Eies ist umgekehrt in den ersten beiden Wochen höher. 3. sinkt sie; Minimum am 18. Tag 0,050, Maximum am 7. Tag 0,244 Gramm, auf je ei der 1. Woche treffen im Mittel 0,470, der 2. 0,488, der 3. 0,082 Gramm Wasserabgabe.

POTT fand, dass Insektenlarven weniger  $\text{CO}_2$  ausscheiden, als die ausgeschlüpfte Thiere; die Puppen scheiden am wenigsten aus.

**Zur vergleichenden Physiologie.** — Ueber die Gesamtaethmung grösserer Thiere hat REISER mit einem vergrösserten REGNAULT'schen Apparat Versuche gemacht, welche eine Aufnahme eines einzigen alle eine grössere oder geringere Stickstoffausscheidung von 0,12,086, einmal 98,244 (?) in 24 Stunden ergeben haben (cf. oben S. 540); ebenso  $\text{CH}_4$  0,097 bis 2,083 in 1 Stunde, bei zwei Schweinen wurden in der Stunde 0,6128 un freier Wasserstoff bestimmt. Die wichtigsten sonstigen Werthe gibt die folgende Tabelle. Aus der zweiten Zahlenreihe ergibt sich die Menge der ausgeschiedenen  $\text{CO}_2$ . Mit Ausnahme der drei Schweine, welche während des Versuchs je etwa 3 Kilogramm Runkelrüben fressen, befanden sich die Thiere im Hungerzustand.

		Sauerstoffaufnahme in 1 Stunde von 1 Kilogramm Thier, Gramm.	Verhältniss des Sauerstoff ausgeathmeten $\text{CO}_2$ zur genommenen Sauerstoff
Schaf,	6 Jahre alt . . . . .	0,490 . . . . .	99,40
-	- - - - -	0,633 . . . . .	100,58
-	- - - - -	0,464 . . . . .	100,00

gleiche Gewicht reducirt Säugethiere und dann Insekten, sodann mit viel geringerer Ausscheidung: Würmer, Amphibien, Fische, Schnecken (Porr). Die oben besprochenen Einflüsse auf die Athmung lehren uns, dass wir in dieser Verschiedenheit z. Thl. dem Einfluss der Körpergrösse der Thiere begegnen. Ebenso wichtig ist nach unseren Auseinandersetzungen die umgebende Wärme und die innere Körpertemperatur. Die Versuche BÜTSCHLI's an *Blatta orientalis*, Küchenschabe, lassen die Kohlensäureabgabe wesentlich von der äusseren Temperatur abhängig erscheinen. 4000 Gramm Thier lieferten in 1 Stunde im Mittel Gramm  $\text{CO}_2$  bei 40° C. 0,0789—0,121; bei 15° 0,364; bei 20—26° 0,426; bei 25° 0,537; bei 25°—26° 1,533; bei 34°—35° 0,845—1,286 Gramm. BAUMERT beobachtete, ohne auf die Gleichhaltung der Temperatur näher zu achten, an Fischen; er fand für 4000 Gramm Thier in 1 Stunde:

	aufgenommenen Sauerstoff:	ausgeschiedene Kohlensäure:
Schleie . . . . .	4,39—4,76	0,97—1,89
Goldfisch . . . . .	5,88—9,46	4,28—9,08
Schlammpeizger . .	2,31—9,17	2,43—8,44

Wie wesentlich die Respiration der Fische von der Temperatur bestimmt wird, ergaben die Versuche von JOLYET und REGNARD, ebenfalls am Goldfisch, *Cyprinus auratus*, angestellt. Es nahm 1 Kilogramm Thier in 1 Stunde auf in °C bei 20 Temperatur 14,8 Sauerstoff, bei 40° 11,1, bei 30° 147,8; das Sauerstoff-Kohlensäureverhältniss war dabei 0,89; 0,96; 0,75. Solartigen Beobachtungen gegenüber erscheinen die bisherigen, ohne Beachtung der Temperatur angestellten Bestimmungen der Athmung von Wasserthieren ziemlich werthlos. Die Schwimmblasen der Fische dienen, besonders energisch jene, welche mit dem Verwundungsschlauche in offener Verbindung stehen, respiratorischen Functionen. Bior gibt an, dass die Luft der Schwimmblase mehr Sauerstoff enthalte, als die atmosphärische Luft, und dass bei Fischen, welche in grösseren Meerestiefen leben, bis 70, bei solchen in geringerer Tiefe 29 Vol.-pCt.; FR. SCHULZE fand, davon ganz abweichend, in der Schwimmblase der Schleie: 3,7—13,3 Vol.-pCt. Sauerstoff, 80,8—90,7 Stickstoff und 3,9—5,4 Kohlensäure; in der Barbe fand sich neben Stickstoff nur 1,4 Sauerstoff und 1,4 Kohlensäure. HUMBOLDT und PROVENÇAL hatten den Sauerstoffgehalt viel höher gefunden, beim Karpfen bis 40,70%.

Zur Darmathmung (S. 544). — Die Schlammpeizger haben neben ihrer Kiemenathmung eine wahre Darmathmung. Sie schlucken Luft in den Darm ein, halten sie hier längere Zeit zurück und treiben sie dann durch den After aus. BAUMERT hat diese durch den Darm athmete Luft untersucht und sie relativ arm an  $\text{CO}_2$  gefunden.

## Die Hautathmung und Darmathmung.

Die Hautathmung, die Perspiration, liefert qualitativ dieselben Produkte und bewirkt die gleichen Luftveränderungen wie die Lungenathmung, auch die übrigen Verhältnisse zeigen sehr genaue Uebereinstimmung mit denen der Lungenathmung. Die mit der Haut in Berührung befindliche Luft wird erwärmt, mit Wasserdampf und Kohlensäure beladen, dafür wird ihr Sauerstoff entzogen, und zwar dem Volumen nach meist weniger, als dafür Kohlensäure abgegeben wird (GERLACH). Die Gesamtoberfläche der Haut eines Menschen bestimmte FUNKE zu 1,6 □ Dec.-m. Vor Allem ist die Haut für den Organismus von grosser Wichtigkeit als Organ der Wärme- und Wasserabgabe. Letztere kann in 24 Stunden eine sehr bedeutende Grösse erreichen. Nach SCHARLING trägt die Kohlensäureabgabe der Haut (und des Darms) für 24 Stunden 32,08 Gramm, nach H. AUBERT und LANGE zwischen 2,3—6,3, während die durch die Lungen ausgeschiedene Menge das Hundert- bis Dreihundertfache davon betragen kann. Nach GERLACH steigert sich die Kohlensäureabgabe

durch die Haut mit der Muskelanstrengung, das Gleiche gilt von der steigen Temperatur der umgebenden Luft (AUBERT, RÖHRIG, TUBINI und RONCHI) zwar kann diese im geraden Verhältniss zur Temperatur eintretende Steigerung über das Doppelte der Ausscheidung bei mittlerer Temperatur betragen. AUBERT ist die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung der verschiedenen Körperstellen sehr verschieden gross, die Haut der Hand liefert relativ sehr geringe Werthe. LICHTE scheidet nach denselben Autoren die Haut des Vorderarms mit Hand des Menschen etwa um 16% mehr Kohlensäure aus, als in der Dunkelheit. Da andere Stoffe als Kohlensäure und Wasser nicht in erheblicher Menge ausgeschieden werden, so trifft der Gesamtverlust durch die Haut, der 24 Stunden bis auf 500—800 Gramm steigen kann, vorzüglich auf die Wasserverabgabe. Nehmen wir für Harn und Hautausdünstung die unteren Grenzwerte Vergleichswerthe an, so ist die Wasserverabgabe durch Lungen, Haut, Nieren je etwa 500 Gramm, also auf drei Wegen etwa gleich gross. Es sind die Schwankungen besonders bei der Harnausscheidung, aber auch der Hautausdünstung ganz enorm. Die Lungenausdünstung bleibt (BERNARD) unter der angegebenen Grösse zurück.

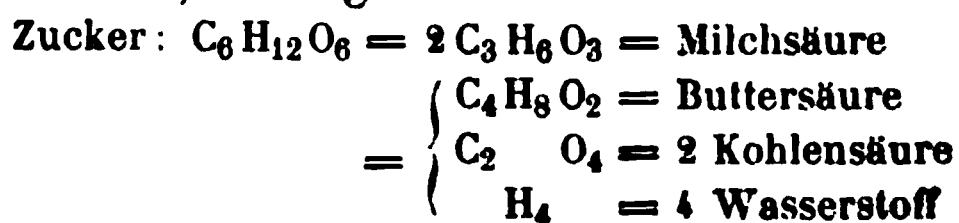
Als Organe der Hautathmung werden die Schweissdrüsen angesprochen, mit ihrem reichen Kapillarnetze, zu dem die Luft den Zutritt finden kann. Die mit Epidermis bedeckte Haut theiligt sich gewiss nur sehr wenig, wenn überhaupt, an dem Gasverkehre zwischen Blut und Atmosphäre.

Nach HOPPE-SEYLER könnte vielleicht (?) alle in der Hautathmung abgegebene Kohlensäure einem »Verwesungsprocess«, namentlich von Hautsekreten an der Hautoberfläche entstammen.

Der Darmathmung hat man bisher weniger Werth beigelegt. Die Gase, welche durch den Darm gewechselt werden, sind nur gering. Doch im Darm wie in der Lunge Sauerstoff aus der verschluckten Luft verzehrt, sie, beladen mit Kohlensäure, Wasserdampf und Wärme, wieder abgegeben.

Ausser der Darmathmung existirt noch eine zweite Quelle für Kohlensäurebildung im Darmlumen: die Gährung, Milchsäure- und Buttersäuregährung Darminhaltes. Neben der Kohlensäure findet sich in den Darmgasen PLANER auch Wasserstoff, der ebenfalls dieser Gährung entstammt. Gasentwicklung im Dünndarme ist am bedeutendsten nach dem Genusse vegetabilischer, stärke- und zuckerhaltiger Nahrung, namentlich von Hülsenfrüchten. Bei dieser Nahrung ist auch die entstehende Menge des Wasserstoffes am grössten, der bei Fleischnahrung vollkommen fehlen kann.

REGNAULT und REISER hatten Wasserstoff in der Athemluft gefunden. PERKOFER und VOIT zeigten, dass das Vorkommen von Wasserstoff in den Gasen der Gesamthathmung unter denselben Nahrungsbedingungen eintrete, unter denen PLANER in den Darmgasen Wasserstoff gefunden hatte. Der Wasserstoff in der Gesamtrespirationsluft entstammt also wohl den Gährungsvorgängen im Darm, welche auch noch einen freilich geringen Theil von Kohlensäure produciren. Das Schema, nach welchem der Zerfall des Zuckers in der Buttersäure- oder Milchsäuregährung eintritt, ist folgendes:



Im Magen findet sich kein Wasserstoffgas, so lange der Magensaft sauer ist; durch Neutralisiren desselben z. B. mit Magnesia usta, kann die Buttersäure-Äthmung auch dort eingeleitet und dadurch Wasserstoff gebildet werden. Das Aufstossen bei Verdauungsschwäche ist darauf begründet.

Auch die in geringen Spuren in der Gesamtathemluft gefundenen Kohlenwasserstoffgase (Leuchtgas), und Ammoniak (S. 540) stammen wenigstens der Hauptmasse nach vom Darme. Das Ammoniak rührt vielleicht unter Umständen auch von Zersetzungen in kranken Zähnen, Speiseresten etc. in der Mundhöhle her, es beträgt nach den Bestimmungen von C. VOIT und M. L. SCHENK in der in 24 Stunden durch die Lungen abgegebenen Luft 0,0404 Gramm. M. L. SCHENK fand die Ammoniakabgabe durch die Lungenathmung beim Hunde zwischen 0,07—0,402 Gramm im Tage schwanken. In der Hautathmung konnte er kein Ammoniak nachweisen. Das Blut halten VOIT u. A. für ammoniakfrei, MÖCKE gibt darin Ammoniak als normalen Bestandtheil an.

Die letztgenannten Gase: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Ammoniak leben an ihrem Entstehungsorte und in der normalen Atmosphäre entweder unter keinem oder unter einem verschwindend kleinen Drucke, da sie dort nur in den minimalsten Spuren oder gar nicht (Wasserstoff) vorkommen. Sie müssen also, mögen sie im Darme oder sonst wo entstehen, sogleich in die Gewebsflüssigkeiten diffundiren. So gelangen sie in die Athemluft, wohl ohne mit den Oxydationsvorgängen im Organismus, denen die Athmung vor Allem dient, etwas zu schaffen zu haben.

**Zur vergleichenden Physiologie.** — Bei den Nackthäutern mit feuchter Haut (Fröschen) ist die Athmung durch die Haut weit bedeutender, als bei Warmblütern (L. SPALLANZANI 4). REGNAULT und REISER beraubten Frösche ihrer Lungen und beobachteten, dass die kirten Thiere durch die Haut noch fast ebenso viel Sauerstoff aufnahmen und CO<sub>2</sub> abgaben, als früher im Besitz ihrer Lungen, was neuerdings vielfach bestätigt wurde. Nach WARDEN genügt diese Hautathmung für das Leben der Frösche.

### Gewebsathmung, innere Athmung.

Der Wechselverkehr des Blutes mit den Geweben, der in diesen den Stoffwechsel unterhält, ist dem Wechselverkehre des Blutes mit der atmosphärischen Luft entgegengesetzt. Das arterielle, sauerstoffbeladene und verhältnissmässig kohlensäurearme Blut gelangt in die Kapillaren und tritt hier mit den Geweben der Organe in Diffusionsaustausch, welcher sich sowohl auf die festen, im Blute und in den Organflüssigkeiten gelösten Stoffe als auch auf die in beiden befindlichen Gase bezieht. Nur zum sehr kleinen Theil geschehen die organischen Verbrennungen, welche Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure bilden, im Blute selbst (PFLÜGER, T. SCHMIDT). Die weit überwiegende Hauptgrösse der Oxydation findet in den Geweben statt, an welche das Blut Sauerstoff abgibt, und aus denen es Kohlensäure aufnimmt. E. OERTMANN hat, nach PFLÜGER's Methoden arbeitend, diesen Satz in aller Strenge bewiesen, indem er die Respiration von entbluteten Fröschen, deren Blut durch Salzwasser ersetzt war, benutzte. Die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bezog sich hier also vollständig auf die Gewebsathmung, da die »Blutathmung« beseitigt war. Es

ergab sich, dass die Oxydationsprocesse nach Entfernung des Blutes eine lang noch in derselben Höhe wie vorher verlaufen: der Ort der Oxydationsprocesse sind demnach fast ausschliesslich die Gewebe, nicht das Blut. Beispiel: Bluthaltige Frösche: O-Verbrauch 18 bis 29,4 cc; CO<sub>2</sub>-Abgabe 21,2 bis 28,86 cc; blutleere Frösche: O-Verbrauch 23,3 bis 29,6; CO<sub>2</sub>-Abgabe 22,6 bis 27,78. Bei Warmblütern (Kaninchen) erlischt dagegen der Oxydationsvorgang in den Geweben fast unmittelbar der Entziehung der Sauerstoffzufuhr durch das arterielle Blut (HORR-SMITH TAKÁČZ). Die Entziehung des Sauerstoffs (z. B. durch Schwefelwasserstoffgiftung) hebt bei ihnen die Mehrzahl aller normalen chemischen Processe in den Organen (Muskeln) auf, die Zerstörung von Glycogen, Zucker, Fettsäuren, die Bildung von Fleischmilchsäure (bei Muskelkrämpfen) scheint vom Sauerstoff unabhängig vor sich zu gehen.

Die Kohlensäureabgabe der Organe in das Blut ist der Hauptnach ein Diffusionsvorgang, doch scheint eine Reihe von Thatsachen dafür zu sprechen, dass sich auch hier in zweiter Linie vielleicht aktive Ausscheidungsvorgänge mit einmischen. Namentlich scheinen an der Austreibung der Kohlensäure aus den Geweben die in den Geweben entstehenden Säuren sich betheiligen zu können. Ein Theil der Kohlensäure gelangt aus den Geweben fester gebundenem Zustande in das Blut in Form salzartiger Verbindungen, wie wir oben sahen, das venöse Blut reicher an diesen Verbindungen ist, als das arterielle. Sowie die Kohlensäurespannung im Blute stärker wird, als in den Geweben, so nehmen diese umgekehrt Kohlensäure in sich auf, ebenso verhalten sich nach VALENTIN auch noch die ausgeschnittenen Gewebe gegen gasförmige Kohlensäure.

In den lebenden Knochen findet PFLÜGER die locker gebundene Kohlensäure, die sich an dieser Diffusion betheiligen könnte, so gering, dass sie bei Stoffwechselversuchen nachlässigt werden darf. Im frischen geruhten Kaninchenmuskel fand PFLÜGER mit STINTZING im Mittel ca. 100 Vol.-% Kohlensäure, im Tetanus nimmt der Kohlensäuregehalt der Muskeln, wie ich zuerst constatirte, sehr beträchtlich ab, nach PFLÜGER und STINTZING bet



instellen, welche dem Blute in der Zeiteinheit mehr Sauerstoff zuführt. Indem dabei auch das Herz in gesteigerte Thätigkeit geräth, wird der Gesamtkreislauf beschleunigt und dem mehr Sauerstoff verbrauchenden Gewebe in der Zeiteinheit auch mehr Sauerstoff geliefert (cf. auch Thätigkeitswechsel der Organe und Blutvertheilung).

Je nach der Stärke ihrer Thätigkeit ist der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung (Stoffwechsel) in den Organen sehr wechselnd. Mit der gesteigerten Thätigkeit nimmt die Gewebsathmung sehr bedeutend zu. Das Blut, welches thätige Muskeln durchströmt, enthält nach LUDWIG und SCZELKOW um mehrere Procente weniger Sauerstoff und dagegen mehr Kohlensäure als das Blut ruhender Muskeln (S. 536). Trotzdem sieht man unter Umständen das Blut aus den Venen thätiger Organe noch ziemlich hellroth abfliessen. BERNARD u. A. beobachteten das an den Speicheldrüsen, Nieren, Pankreas, Magen- und Darm-schleimhaut, auch am Muskel sieht man diese Erscheinung, wenn der Blutzufuss zu dem Organe in noch höherem Maasse gesteigert ist als der Gasaustausch. Ueber die wahre Grösse der Steigerung des letzteren können sonach nur Versuche eine Anschauung geben, bei welchen die absolute Grösse des Gesamtgasaustausches zwischen den ungleichen Blutmengen bestimmt wird, welche in gleichen Zeiten bei Ruhe und Thätigkeit die Organe durchströmen. Das Nieren-venenblut ist hell karmoisinroth, das der anderen Venen meist blauroth. Dass in allen Organen und Geweben innere Athmung stattfindet, beweist, dass in allen das arterielle Blut sich in venöses umwandelt. Im venösen Blute scheint die unter allen Umständen geringfügige organische Oxydation doch eine stärkere zu sein oder wenigstens unter Umständen werden zu können als im arteriellen. A. SCHMIDT fand, dass im venösen und vor Allem im Erstickungsblute sich relativ sehr leicht oxydirbare, »reducirende« Stoffe finden, welche zugeführten Sauerstoff rascher verzehren.

Die ältere Physiologie nahm einen lebhaften Stoffwechsel und damit lebhaft Wärmebildung in den Lungen an. G. LIEBIG zeigte, dass das Blut im linken Herzen meist etwas niedriger temperirt ist, als im rechten Herzen, der Unterschied beträgt 0,04—0,1° C. Man pflegte dieses Resultat auf eine in den Lungen stattfindende Abkühlung des Blutes zu beziehen. Nach den Angaben von COLIN könnte sich auch das Gegentheil besonders bei grösseren Thieren zeigen. JACOBSON und LEONHARD fanden auch bei Kaninchen bald das Blut im rechten, bald aber auch im linken Herzen wärmer. HEIDENHAIN und A. KÖRNER fanden regelmässig eine höhere Temperatur im Blute und in der Ventrikelwand des rechten Herzens. Sie finden die Ursache dafür in der Anlagerung des rechten Ventrikels an das Zwerchfell und die darunter liegenden wärmeren Organe der Abdominalhöhle, während der linke Ventrikel rings an die Lunge Wärme abgibt. E. ALBERT und S. STRICKER wiesen aber diesen Erklärungsgrund zurück. Sie finden, dass die Temperatur des Herzfleisches höher ist, als die des Blutes, und constatiren ganz unabhängig von dem Einfluss der anlagernden Organe eine Temperaturdifferenz zu Gunsten des Blutes des rechten Herzens. Bei der Annahme einer aktiven Wärmeproduktion in der Lunge liess man wohl zunächst an den Vorgang der Bindung des Sauerstoffs an das Hämoglobin zu denken.

Ich habe an Fröschen eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Grösse

der inneren Athmung in den verschiedenen Körpergeweben und Organen zu bestimmen. Die Resultate behalten mit den nöthigen Einschränkungen auch für Säugethiere ihre Geltung. Es ergab sich, dass sich die Gewebe und Organe durchaus nicht in dem Verhältnisse ihres relativen Gewichts an der Kohlensäureproduktion des Organismus betheiligen, dagegen entspricht die innere Athmung ziemlich genau dem relativen Blutgehalt der Organe. Der gesammte Bewegungsapparat männlicher Frösche: Muskeln, Nerven, Knochen, Haut, beträgt im Mittel 89% des Gesamtkörpergewichts. Für den Circulations- und Drüsenapparat bleiben sonach nur 11% des Körpergewichts. Der Drüsenapparat betheiligte sich trotzdem bei Fröschen nach meinen Messungen im Maximum mit 47%, im Mittel mit 40% an der Kohlensäureproduktion, bei dem Bewegungsapparate, dessen überwiegende Hauptmasse die Muskeln ausmachen, sah ich dagegen die Betheiligung an der Kohlensäureproduktion bis auf 53% sinken. Ganz analog diesem Procentverhältnisse ist die Vertheilung des Blutes bei Fröschen im Bewegungs- und Drüsenapparate; es vertheilt sich dasselbe, abgesehen von der im Circulationsapparat befindlichen Menge, in den beiden Hauptorgansystemen auch etwa zu gleichen Theilen.

Bei diesen Versuchen wurde die Kohlensäureproduktion kräftiger Froschmännchen zunächst für eine bestimmte Zeit gemessen, dann je ein Bein ohne Blutung amputirt, was die Thiere meist ohne bemerkbare Reaction ertragen, und nun die Kohlensäureproduktion wieder für dieselbe Zeit gemessen. Der Verlust an Kohlensäure war durch den Verlust des entfernten gewogenen Theils des Bewegungsapparates veranlasst. Nach dem Versuch wurde das Thier geschlachtet, seine Organe gewogen, und von der Betheiligung des abgeschnittenen Stückes des Bewegungsapparats an der Kohlensäureproduktion auf die Betheiligung des Gesamtbewegungsapparates gerechnet. Der Rest der beobachteten Kohlensäureproduktion fiel auf den Drüsen- und Circulationsapparat.

### Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung und das Allgemeinbefinden.

**Allgemeine Experimentalergebnisse.** — Die im Blute absorbirten Mengen von Stickstoff richten sich nach unseren obigen Darstellungen nach der Grösse des Luftdruckes. Bei Steigerung des Sauerstoffdruckes in der geathmeten Luft (bis zu 8 Atmosphären beobachtete P. BERD eine geringe, aber ziemlich gleichmässig steigende Zunahme des Blutes an auspumpbarem Sauerstoff. Diese Zunahme beruht z. Thl. darauf, dass, abgesehen von dem Oxyhaemoglobin, entsprechend grössere Sauerstoffquantitäten in das Plasma des arteriellen Blutes und zwar einfach durch Gasabsorption (Diffusion) eintreten. Da die Hauptursache der Sauerstoffaufnahme in das Blut aber die Menge des in ihm enthaltenen Haemoglobins ist, so vermindert eine Erniedrigung der Sauerstoffspannung in der geathmeten Luft die Sauerstoffaufnahme in der Athmung in wesentlicher Weise erst dann, wenn diese Erniedrigung einen relativ sehr hohen Grad erreicht hat. Bei 9—10 Vol.-pct. Sauerstoffgehalt der geathmeten Luft wird, nach SPECK's je etwa 5 Minuten währenden Versuchen an sich selbst, zwar etwas weniger Sauerstoff aufgenommen, umgekehrt bei einer Erhöhung über den normalen Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft etwas mehr, die Kohlensäureausscheidung in der Athmung wird in beiden Fällen aber nicht verändert. Das Letztere bemerkte auch W. MÜLLER bei noch weit niedrigerem Sauerstoffdruck. Erst bei einem Sauerstoffdruck von 7—8% einer Atmosphäre beginnen deutlicher wahrnehmbare Störungen der respiratorischen Functionen, indem die Zahl der Athemzüge zunimmt; bei noch weiterer Erniedrigung tritt subjektive und objektive Ermüdung, dann Bewusstlosigkeit

und bei 3,5—3% der Tod unter Stillstand der Athmung und Herzbewegung ein (W. MÜLLER, P. BRAD u. A.). Kaltblütige Thiere ertragen bei ihrer normalen Körpertemperatur eine stärkere Erniedrigung des Sauerstoffgehalts in der Athemluft, als warmblütige Thiere. — Die mechanische Erklärung der Wirkung verminderten und erhöhten Luftdrucks von G. v. LIEBIG cf. S. 560.

**Verminderter Luftdruck.** — Die Luft ist durch den Grad ihrer Compression, die sie entweder durch den verschiedenen Luftdruck bei verschiedenen Ortshöhen erfährt, oder die auf künstlichem Wege durch Luftpumpenvorrichtungen vermehrt oder vermindert werden kann, nicht ohne Einfluss auf unser Befinden. Der Totaldruck, welcher von allen Seiten her gleichmässig vertheilt auf den menschlichen Körper wirkt, schwankt zwischen etwa 30 bis 40 Tausend Pfund. Die gewöhnlichen Barometerschwankungen reichen kaum aus, bemerkbare Wirkungen auf unser Allgemeinbefinden hervorzubringen. VIERORDT beobachtete bei einer Schwankung des Barometerstandes von 749 mm zu 762 mm bei letzterem Stande eine geringfügige Vermehrung der Athemzüge und Pulse, von 70,9 zu 72,2, und von 44,6 zu 45,2 in der Minute. Bei stärkerer Verminderung des Luftdruckes auf einer Höhe von 2—3500 m, die wir erstiegen haben, bemerken wir ein eigenthümliches Gefühl besonderen Wohlbehagens, welches durch eine ausgiebigere Lungenventilation hervorgerufen scheint. Dabei bemerkt man, dass die eingetretenen Ermüdungserscheinungen weit rascher verschwinden als in der Ebene, was vielleicht von einer eingetretenen Steigerung der Blutbewegungsgeschwindigkeit herrühren könnte. Der raschere Blutstrom kann die ermüdenden Muskelersetzungsprodukte (cf. oben S. 420 und bei Muskel) aus den Muskeln rascher abwaschen und entfernen. Gegen Alkoholgenuss soll eine Immunität eintreten. Man meint, dass sich diese vielleicht aus der durch den verminderten Luftdruck beschleunigten Abtunstung des Alkohols aus dem Blute in den Lungen erklären lasse, vermöge deren der Alkoholgehalt des Blutes nicht zu erheblicher Höhe steigen kann. In den grossen Höhen der Andes soll der Alkohol fast ganz seine Wirkung versagen. Dagegen trinken die Führer in den tyroler Gletschergebieten keinen Schnaps, um die Sicherheit ihres Ganges nicht zu beeinträchtigen. — Man hat beobachtet, dass in stark verdünnter Luft die vitale Capacität der Lungen sinkt, die Respirationsfrequenz dagegen steigt. Der Puls wird beschleunigt, alle Gefässe erweitert. Die Perspiration und Schweissbildung steigen, die Körpertemperatur nimmt ab, die Athemzüge werden tiefer, der Puls häufiger, die Harnmenge sinkt. Der Umfang der Glieder nimmt zu. Die Muskeln ermüden nun im Gegensatz zu dem oben Gesagten rascher (cf. unten). Bei den Muskeln der unteren Gliedmassen hat das seinen Grund vielleicht mit darin, dass der Luftdruck weniger als sonst dazu beiträgt, den Schenkelkopf in der Kanne zu halten (?). Sehr gewöhnlich sind Ohrenschmerzen und Schwerhörigkeit, da das Trommelfell, bis das Gleichgewicht im Luftdruck zwischen Paukenhöhle und äusserer Luft hergestellt ist, mehr oder weniger nach aussen gewölbt und gespannt wird. Schluckbewegungen befördern die Luftleitung in der Eustachischen Röhre und beseitigen damit diese Ohrenschmerzen. Bei noch weiter gesteigerter Erniedrigung des Luftdrucks bis zu einer Sauerstoffspannung von 3,5—3% einer Atmosphäre erfolgt Bewusstlosigkeit und Tod. Muskelanstrengungen, welche den Sauerstoff rascher verbrauchen, erhöhen die Lebensgefährlichkeit der gesteigerten Druckerniedrigung sehr bedeutend; Athmen von reinem Sauerstoff lässt sich länger ertragen (BRAD).

R. v. SCHLAGINTWEIT berichtete aus den asiatischen Hochgebirgen über die als Bergkrankheit bekannten Beschwerden auf sehr bedeutenden Höhen, die namentlich auch in den Andes von Südamerika und bei Luftschifffahrten bemerkt wurden. Diese Beschwerden werden in Hochasien als Bisch Ki Haua, Kharab Haua, »giftige böse Luft«, bezeichnet. Jede Muskelbewegung in diesen hohen Regionen verursacht dem Neuling die grösste Anstrengung und Abspannung, Gewöhnung setzt die Erscheinungen herab, und lässt sie endlich, bei verschiedenen Menschen in verschiedener Zeit, verschwinden. Beobachtungen an den Bewohnern der mexikanischen Hochebene brachten JOURDANET zu der Anschauung, dass Menschen, welche Gegenden von etwa 2000 m über dem Meeresniveau dauernd bewohnen, schwächer

seien, von anämischem Aussehen, mit geringerer Resistenz gegen Erkrankungen; das vom Mangel an Sauerstoff in dem arteriellen Blute her: Anoxyhaemie. SCHLAGINTWEIT, PÖPPIG u. A. ist dagegen die in solchen und noch bedeutenderen Höhenborene Bevölkerung nicht weniger kräftig als die Tieflandbevölkerung. PÖPPIG macht Beobachtungen in der 4300 m hoch gelegenen peruanischen Bergstadt Cerro. SCHLAGINTWEIT beobachtete an sich selbst folgende Bergbeschwerden: Kopfweh, des Nachts grosse Schwierigkeit zu athmen, bis zur Erstickungsangst, Appetitlosigkeit, Abspannung, geschlagenheit, Stumpfsinn; ferner grosse Neigung zu Blutungen aus Lunge und Nase, aber spontan nicht aufzutreten scheinen. Wind vergrössert die Beschwerden. In den Alpen sind die Beschwerden grösser als in Asien und treten schon bei geringerer Höhe auf. Erst in Asien erst bei 16500 englischen Fuss beginnen, stellen sie sich in der Schweiz schon bei 11500' ein. Auch Maulthiere und Hunde leiden daran. Man sucht durch Aderlass (Oeffnen eines Zungengefässes) zu erleichtern. Bei einer Höhe von 4600 m über dem Meeresniveau beobachteten die Luftschiffer SIVEL und CROCE keine üblen Einflüsse der verdünnten Luft. In noch bedeutenderen Höhen über 4800 m aber grosse Uebelkeit, spontane Blutungen aus dem Zahnfleisch und Blutaustritt in die Haut des Auges auf; gegen jede Bewegung der grösste Widerwillen, bei Niedersitzen Ermüdung. Derartige Störungen stellen sich in pneumatischen Apparaten unter vermindertem Luftdruck weit früher ein, nach den an der eigenen Person angestellten Beobachtungen von BEAD schon bei 480—450 mm Quecksilberdruck, nach SIVEL und CROCE-SPINELLI bis 307 mm. Ihre aëronautischen Versuche beweisen, dass ein Mensch auf kurze Zeit allmählig eingetretene Erniedrigung des Luftdrucks bis zu 264—248 mm oder etwa bis auf die Hälfte einer Atmosphäre zu ertragen vermag. Es reichen unter diesen Umständen aber schon geringe Muskelanstrengungen und individuelle Dispositionen hin, den Tod herbeizuführen. Die wahre Grenze für das bewusste Leben scheint ungefähr bei 8000 m über dem Meeresspiegel, etwa 280 mm Quecksilber, zu liegen (TISSANDIER). Als GLAISCHER bei seiner Luftfahrt rasch eine Höhe von 32000' erreicht hatte, stürzte er besinnungslos nieder, sofortiges Senken durch seinen Begleiter konnte ihn retten. HOPPE-SEYLER hat gezeigt, dass ein solches plötzliches Zusammensinken auch bei Thieren unter der Glocke einer Luftpumpe bei sehr rascher Luftverdünnung stattfindet. Er erklärte letzteres durch Gasentwicklung im Blute unter dem geringen Druck. Die Gasblasen verstopfen dann die Lungenkapillaren und Herzkapillaren in analoger Weise, wie das bei Lufttritt in die Venen in der Nadelbrustraume erfolgt. GEORG v. LIEBIG's neue Aufschlüsse über das Wesen der Bergkrankheit cf. S. 560.

Fortgesetzte starke Arbeit auf hohen Bergen wird nicht gut ertragen. Auf den hohen Goldberge in der Rauris arbeiten die Bergleute mitten unter den Gletschern bei einer Höhe von 7500' über dem Meere. Als Regel gilt, dass bei einem durchschnittlichen Alter von nur 40 und einer Dienstzeit von 20 Jahren die Rauriser Knappen, zu denen nur kommen gesunde, kräftige Männer genommen werden, nicht mehr fähig sind, den Berg auszuhalten, Athmungsbeschwerden, Kräfteerlahmung, namentlich in den Füßen, machen ihnen den Dienst unmöglich. Es wird das daraus erklärlich (J. v. LIEBIG), dass mit der Abnahme des Luftdrucks zu der täglichen Arbeitsleistung durch die Glieder eine dauernd gesteigerte Arbeit für die Athemmuskeln für die Athmung und des Herzens für den Blutkreislauf kommt, welche den Körper früher aufreißt, obwohl diese Bergleute bedeutend mehr und vor Allem Albuminate (Fleisch und Bohnen) zu sich nehmen, als andere Arbeiter jener Gegenden, die in geringerer Höhe beschäftigt sind.

**Gesteigerter Luftdruck.** — In den Taucherglocken, bei Brückenbauten nach der pneumatischen Methode oder in künstlichen Apparaten zum Aufenthalt des Menschen in verdichteter Luft, wie solche in Paris, auf dem Johannisberg im Rheingau, in Reichenhall aufgestellt sind, hat man Gelegenheit genommen, die Wirkung des gesteigerten Luftdrucks zu beobachten. BABINGTON hat Beobachtungen veröffentlicht, welche er beim Legen der Pfeiler des mentes der neuen Londonderry-Brücke gewonnen. Diese Brücke ruht auf 6 eisernen

hindern, welche bis zu 40' unter das Flussbett gesenkt sind. Zunächst wurden die später mit Sand und Cement zu füllenden Hohlcyliner eingesenkt und das Wasser aus ihnen durch einen Luftdruckwerk herausgepresst. In dem so hergestellten wasserfreien Raume mussten die Arbeiter unter erheblich gesteigertem Luftdrucke arbeiten bei 27 — 43 Pfund Luftdruck auf jeden Quadratzoll. Die Arbeiter verspürten zuerst einen Schmerz in den Ohren, der bald vorüber ging, dann Kopfschmerz, erhöhte Schärfe des Gehörs, Schmerzen in den Gliedern, zuweilen Nasenbluten und ein Gefühl von Schwere und Unbehagen. Diese Beschwerden waren am stärksten, wenn der Uebergang aus einem Luftdruck in den anderen zu schnell stattfand. Am allerintensivsten traten sie auf, wenn die Arbeiter aus dem Cylinder an die atmosphärische Luft kamen. Hier entstanden in einzelnen Fällen plötzliche, tödtlich verlaufende Lähmungen durch Gasaustritt aus dem Blute? cf. oben). Die Erscheinungen besserten sich unter dem Luftdruck wieder, so dass sich Einzelne nur in den Cylindern wohl befanden. Manche behaupteten, dass es sich besonders leicht darin arbeite. A. MAGNUS suchte bei einem Brückenbau in Königsberg den Grund für die in comprimierter Luft eintretenden Ohrenschmerzen zu ermitteln. Der Sitz der Schmerzen ist im Trommelfell. Es wird durch den verstärkten Luftdruck nach innen gewölbt und gespannt, wobei es sich bedeutend röthet. Um eine Ausglei- chung des Luftdruckes auf beiden Seiten des Trommelfelles herzustellen, dienen Schlingbewegungen, durch welche die Tuba Eustachii geöffnet wird. Ausathmungsversuche bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase (VALSALVA'scher Versuch) pressen Luft in die Mittelohrhöhle ein und beseitigen dadurch den Ohrenschmerz. Das beobachtete schärfere Gehör rührt wohl z. Thl. davon her, dass comprimerte Luft besser den Schall leitet. Das Rechnen ist bei hohem Druck erschwert, bei 2,5 Atmosphärendruck kann man nicht mehr zählen.

Die Versuche von R. v. VIVENOT, LANGER, G. v. LIEBIG, SPECK (erstere mit dem Apparate in dem Johannisberg angestellt) ergaben bei einer Luftverdichtung um  $\frac{3}{7}$  Atmosphäre eine Abnahme der Lungengrösse, die sich durch Percussion ebenso wie am Spirometer nachweisen lässt. Die vitale Kapazität der Lungen zeigte sich dagegen gewöhnlich um 3,3 — 3,40% ge- ringert. Die absoluten Luftmengen, welche durch diese Vergrösserung der Lungen auf- genommen werden können, ändern sich natürlich in noch stärkerem Verhältniss etwa 5 : 3 : 2. Nach längerem Aufenthalt in der verdichteten Luft soll die vitale Kapazität der Lunge dauernd erhöht werden. Die Zunahme soll bis zu 240% steigen können. Die Respirationsfrequenz sinkt von 16 — 4 in der Minute in der komprimierten Luft, und zwar soll auch diese Wirkung längere Zeit andauern. Die Athmung wird regelmässiger (G. v. LIEBIG). Die Kohlensäure- abgabe soll absolut zunehmen. Nach G. v. LIEBIG bleibt dagegen die CO<sub>2</sub>-Abgabe ziemlich unverändert, dagegen ist die Sauerstoffaufnahme bemerkbar gesteigert. Die Arbeiter bei den pneumatischen Brückenbauten zeigten vermehrten Appetit, Zunahme der Harnsekretion und Abmagerung. Bei genügender Nahrung soll letztere fehlen und dafür eine allgemeine Kräfti- gung des Muskelsystems und des Herzens eintreten. Eine vorübergehende Abnahme der Herzfrequenz ist wahrscheinlich durch eine Veränderung der Widerstände in der arteriellen Blutbahn durch Compression der Gefässe in der Folge des vermehrten Druckes veranlasst. An- scheinlich steigt dabei auch die Temperatur, kann aber in der Folge ohne Verminderung des Luftdruckes sogar unter die Norm sinken. Die oberflächlichen Venen schwellen ab, die Haut wird blass. Unter der Einwirkung des gesteigerten Luftdrucks wird mehr Sauerstoff in das arterielle Blut absorbiert aufgenommen, es befinden sich daher Kranke, deren Sauer- stoffaufnahme in den Lungen, z. B. durch Katarrh oder Emphysem behindert ist, in compri- mierter Luft meist wohler, als bei gewöhnlichem Luftdruck. Andererseits sind für die Besse- rung und Heilung solcher Leiden gerade hochgelegene klimatische Kurorte von grösster Wirkung, gewiss aber nur in untergeordnetem Masse wegen ihres Einflusses auf die Kohlen- stoffdiffusion; eine Hauptrolle spielen hier die günstigen Einflüsse auf den Mechanismus der Lebensbewegung, und die Hebung der Herzaktion und Verdauung, woraus eine allgemeine Steigerung der Lebensenergie resultirt. Die Wasserverdunstung steigt mit der Verminderung des Luftdrucks; bei sonst gleichen Verhältnissen gilt letzteres auch für die Wärmestrahlung,



daher ist — durch gesteigerte Verdunstung und Ausstrahlung — der Wärmeverlust bei Temperatur etc. in höher gelegenen Orten grösser, als in tiefer gelegenen. Nach obigen Auseinandersetzung steigt damit der Gesamtstoffwechsel wie die Athmung entsprechend fand MERMUD, dass sich die bei 147 m Höhe über dem Meeresspiegel athmete Kohlensäuremenge zu der bei 1100 m ausgeathmeten verhalte wie 0,87503 :

### Ventilation.

Nach der Diät gibt es wohl kein Postulat der Gesundheitspflege, gegen welches Publikum so fortgesetzt gesündigt wird, als gegen das der richtigen, ausreichenden Lüftung in den Wohnungen. Die engen Wohnräume, möglichst hermetisch verschlossen, das Eindringen der frischen, gesunden Luft, werden namentlich im Winter Brutschwersten und mannigfaltigsten Krankheiten, indem der fortgesetzte Aufenthalt in der Zimmerluft die Widerstandsfähigkeit des Individuums gegen jede Art von krankhaften Ursachen herabsetzt. Es wird uns aber die Hartnäckigkeit, mit welcher sich das Volk einer richtigen Lüfterneuerung widersetzt, weniger unverständlich, wenn wir sehen, dass auch noch so mancher Arzt, der sich ein richtiges Verständniss der Frage hätte verschaffen können, so vollkommen falsche Anschauungen über dieselbe hegt. Und was soll man von der älteren Praxis sagen, welche eine frische Luft von dem gefürchteten »Zug« unterscheiden vermochte? Die Furcht des Publikums vor Luft ist ihm von ärztlicher Seite seiner Zeit beigebracht worden. Es dauert lange, bis in das Publikum neue ärztliche Anschauungen eindringen; einmal aber festgesetzt, sind sie kaum durch eine Macht der Welt zu zutreiben. Man folgt mit halber Aufmerksamkeit den wissenschaftlichen Auseinandersetzungen des Arztes, verspricht Abhülfe des Uebelstandes, zuckt hinter seinem Rücken doch über den modernen Neuerer und lässt es bei der althergebrachten Unreinlichkeit.

Was hilft da in manchen Fällen weiter, als das Fenster geradezu einzuschlagen? Frische, reine Luft ist in erster Linie Lebens- und Gesundheitsbedürfniss.

Sie kann durch keine Räucherung oder Desinfection ersetzt werden. Wenn es im Kranken- oder Wohnzimmer übel riecht, so pflegt man zuerst nach Räuchermitteln zu greifen. Diese haben nur die Wirkung, unsere Geruchsorgane, die uns von der Natur als Hüthe unserer Gesundheit verliehen sind, durch übermässige Reizung soweit abzustumpfen, dass die Warnung vor den gasförmigen Feinden unseres Lebens nicht mehr vernehmbar wird. Der moderne Arzt ist ein erklärter Gegner aller Räucherungen. Nicht weil unter Umständen dadurch schädliche Stoffe entfernt werden könnten, sondern vor Allem damit, dass wir nach ihrer Anwendung in unseren Geruchsorganen für längere Zeit keinen brauchbaren Massstab für die Reinheit der uns umgebenden Luft mehr besitzen. Wo es im Wohn- oder Krankenzimmer nach Weihrauch, Chlor oder Essigdämpfen riecht, muss man von vorneherein den Verdacht hegen, dass hier nicht die gehörige Aufmerksamkeit bei Beschaffung frischer Luft verwendet wird, sonst würde es dieser Mittel nicht bedürfen (Desinfection).

Eine missverstandene Gesundheitspflege legt einen zu grossen Werth auf die Grösse des Luftraumes, in welchem der Mensch sich aufhält und wohnt. Man mag an den Grundsatz festhalten, dass für den Einzelnen (auch in Kasernen) die Grösse des Luftraumes, in welchem er leben soll, etwa 800 Cubikfuss betragen müsse, und für Kranke etwa 1000 Cubikfuss fordern. Aber man darf nicht vergessen, dass ein noch so grosser Luftraum bei unzureichender Ventilation bald durch den Aufenthalt, den Athem und die Perspiration des Menschen verpestet wird, und dass dagegen ein sehr beschränkter Wohnraum an sich, bei ausreichender Luftzufuhr, doch die Gesundheit nicht zu beeinträchtigen braucht. v. PERRON wählte einen Transport von 500 Sträflingen auf dem französischen Schiffe Adèle nach Cayenne. Der untere Schiffsraum und das Zwischendeck, wo die Gefangenen während der langen Reise verweilen sollten, hatte nur so viel Raum, dass für ein Individuum 4 Cubikmeter blieb. Es war ein Ventilator (nach VAN HECKE'schem Systeme, von einem Man-



a) in Thätigkeit, der in der Stunde mehr als 6000 Cubikmeter Luft eintrieb, mit einem Lindschlauch versehen bei mässigem Winde sogar mehr als 9000 Cubikmeter. Während der Reise genossen die 500 Sträflinge eine vollkommene Gesundheit, so dass von dem Arzte nicht ein einziger Krankenzettel geschrieben werden musste.

Man darf der Ventilation natürlich nicht mehr zumuthen, als sie zu leisten vermag.

Nur bei sonstiger, vollkommener Reinlichkeit dürfen wir von einer Lüfterneuerung den gewünschten Erfolg, einen Raum mit gesunder Luft zu versorgen, verlangen. Ein Raum, der, abgesehen von der Ausdünstung der Bewohner, auch sonst noch Quellen mephitischer Dünste, die fortwährend fliessen, enthält, z. B. einen ungereinigten Nachtstuhl, ein beschmutztes Bett etc., wird durch keine Ventilation zu einem nicht Ekel erregenden Wohnplatze werden können. Ist aber diese Bedingung der Reinlichkeit erfüllt, so wird die Nase bei genügender Lüfterneuerung auch in einem Krankenzimmer keine Belästigung erfahren.

Die Ventilationsfrage ist für Deutschland durch die Untersuchungen v. PETTENKOFER's in ein neues Stadium getreten. Wir schliessen uns seiner Darstellung an. Er benutzt als Mass für Reinheit der Luft die Kohlensäuremenge, welche in einem bestimmten Luftvolum sich vorhanden zeigt, und lehrt uns eine einfache Bestimmungsmethode dieses vornehmlichen Athmungsproduktes, welche in der Hand jedes sorgfältigen Arztes ein sicheres Resultat zu geben verspricht. Die Kohlensäure ist in der reinen Atmosphäre nur zwischen 0,4 — 0,6 pro Mille dem Volum nach vorhanden. Im Mittel darf man als Normalgehalt etwa 0,5 pro Mille annehmen. Aber auch in Wohnräumen, welche eine sehr verunreinigte Luft für unser Gemüth darbieten, steigt sie nicht über einige Tausendstel im Volum. In einem behaglichen Wohnzimmer fand PETTENKOFER den Kohlensäuregehalt zu 0,54 — 0,7 pro Mille, während er in übelriechenden, schlecht ventilirten Krankenzimmern zu 2,4 pro Mille, in überfüllten Kneipen zu 3,2, in Kneipen zu 4,9, in Schulzimmern zu 7,2 pro Mille bestimmte. Dieser auch immerhin selbst in dem schlechtesten Falle (Schulzimmer!) noch absolut niedrig zu nennende Kohlensäuregehalt der Luft ist an sich nicht im Stande, die Gesundheit zu beeinträchtigen. Wir empfinden, wenn auf chemischem Wege reine Kohlensäure in derselben Quantität entwickelt und der uns umgebenden Luft beigemischt wird, keinerlei Belästigung. Wir vertragen dagegen eine solche sogleich dann, wenn die eingeschlossene Luft in Folge des Aufenthalts von Menschen einen nur minimal gesteigerten Kohlensäuregehalt zeigt. Es ist nicht die Kohlensäure selbst, welche uns eine »eingeschlossene Luft« unbehaglich macht; es thun das vielmehr durch die Respiration und Perspiration des Menschen der Luft ausser Kohlensäure noch beigemischten anderen flüchtigen Stoffe: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Weingeist aus alkoholischen Getränken, flüchtige Fettsäuren etc. Da es nicht möglich wäre, diese minimalen Stoffmengen mit der für quantitative Vergleiche erforderlichen Schärfe zu bestimmen, so kann uns nach PETTENKOFER's Vorgang die Kohlensäure, durch Vermischung der Luft beigemischt, ein Maass abgeben für die Verunreinigung, welche die Luft des Wohnraumes durch den Aufenthalt von Menschen erlitten hat.

Um die Grösse des Luftbedürfnisses richtig bemessen zu können, müssen wir zuerst fragen, wie bedeutend die Luftverderbniss durch ein Individuum in einer bestimmten Zeit hervorstellt. PETTENKOFER nimmt als Durchschnitt an, dass ein mittlerer Mensch in der Stunde 3 Liter Luft ausathmet, welche 40/100 an Kohlensäure enthalten, in einer Stunde also 300 Liter Luft mit 12 Liter Kohlensäure. Wir fühlen uns nur in einer solchen Luft behaglich, welche in Folge der Respiration und Perspiration von Menschen nicht mehr als höchstens pro Mille Kohlensäure enthält. Es muss die Quantität der durch die Ventilation einem Räume zugeführten frischen Luft, die Luft, welche in der gleichen Zeit in diesem Raume ausathmet wird, wenigstens in dem Verhältnisse übertreffen, in welchem der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft (40 pr. mill.) grösser ist, als die Differenz (0,3) zwischen dem Kohlensäuregehalt der freien Luft (0,5 pr. mill.) und einer Luft, in welcher der Mensch empfindungsgemäss auf längere Zeit sich behaglich und wohl befindet (0,7 pr. mill.). Man muss also, wenn ein Mensch oder eine Anzahl Menschen in einem geschlossenen Raume athmen, in diesem Raum wenigstens das 200—300 fache Volum der ausgeathmeten an frischer Luft in jedem

Zeitmomente zuführen, wenn die Luft im Raum stets gut bleiben soll. Da ein Mensch in der Stunde etwa 300 Liter Luft ausathmet, so müssen dem Zimmer, in welchem er sich in dieser Zeit 90,000 Liter = 60 Cubikmeter frischer Luft zugeführt werden. Man ist in der That reich auf experimentellem Wege zu dem nämlichen Postulate gelangt.

60 Cubikmeter Luft in der Stunde für jeden Kranken müsse einer ausreichenden Ventilation als Minimalleistung gefordert werden.

Es scheint, dass für Wohnräume, welche eine ausgiebige Ventilation bedürfen, namentlich für Spitäler, eine genügende Luftzufuhr mit aller Sicherheit nur durch Eintreiben von frischer Luft erreicht werden könne. Nach PETTENKOFER ist dazu der von VAN HECKE construirte Ventilator am zweckmässigsten und am wenigsten kostspielig. Das directe Eintreiben von Luft bei der Ventilation hat stets den bedeutenden Vorzug vor dem Absaugen. Wir müssen auch hier mit gegebenen Grössen und Verhältnissen rechnen. Hat man es mit überfüllten Wohnräumen, Kriegsspitalern etc. zu thun, so muss sogleich durch künstliche Ventilation Abhülfe geschafft werden kann, so darf der Arzt die Hände in den Schooss legen. Er muss es verstehen, die ihm gebotenen natürlichen Ventilationsmittel ausgiebig zu benutzen. Dazu ist aber eine genaue Kenntniss nöthig über die Wirkungsgrösse dieser ihm zu Gebote stehenden Hilfsmittel.

PETTENKOFER hat uns gelehrt, dass die trockenen gemauerten Wände unserer Wohnungen für Luft leicht durchgängig sind, und dass ein Kalk- und Gypsbewurf diese Durchgängigkeit ebensowenig hindert als ein Oelanstrich. Bei Ziegelsteinwänden namentlich finden sich eine Unzahl von Poren, durch welche die äussere Luft mit der Zimmerluft in offener Verbindung steht. Unsere Wohnungen sind ebenso porös wie unsere Kleider, mit denen sie die gleiche Function theilen. Durch beide beabsichtigen wir unseren Körper den Temperaturschwankungen des Klimas zum Trotz mit einer möglichst gleichmässigen Temperatur zu versehen. Man kann bei der Versuchsvorrichtung PETTENKOFER's durch trockene Ziegel und getrocknete Mauern hindurch ein Licht ausblasen; jeder Windstoss auf die Aussenwand einer Wand bringt eine Luftbewegung auf der inneren Wand hervor. Krankhaft gesensibilisirte Hautempfindlichkeit kann den leichten Luftzug, der so entsteht, spüren, besonders wenn einströmende Luft eine von der Zimmerluft verschiedene Temperatur besitzt. Häufig leiden schwitzende Kranke (Wöchnerinnen), deren Bett an einer Wand steht, die gegen die Aussenwand sieht, dass sie den Zug von der Wand her spüren. Durch einen Schirm zwischen Bett und Wand kann man diesen Klagen abhelfen. Die Durchgängigkeit von Bruchsteinmauern zeigt grosse Verschiedenheiten. Der trockene Mörtel lässt aber die Luft mit Leichtigkeit passiren, so dass also auch Wände, die aus Bruchsteinen und Mörtel zusammengesetzt sind, eine nicht unbeträchtliche Permeabilität für Luft besitzen.

Versuche über die Quantität des durch die Wand stattfindenden Luftwechsels lehren, dass die unzähligen feinen Porenöffnungen der Wand, durch welche die innere Luft des Zimmers mit der freien Luft communicirt, zusammen viel mehr Luft einlassen, als die Spaltenräume der Thüren und Fenster, die unserem Blick auffallen. Die Grösse des Luftwechsels durch die Wand ist vor Allem der Unterschied in den Temperaturen der communicirenden Lufträume von Wichtigkeit. Je grösser die Differenz sich stellt, desto mehr Luft wird ein- und ausströmen. Sinkt im Winter die Temperatur in den Wohnräumen, so nimmt auch die Lüfterneuerung durch die Wände ab; eine Luft, die vorhin noch so gut war, kann jetzt, da sie nicht mehr genügend erneuert wird, übelriechend und ungesund werden. Daher rührt es z. Thl., dass eine kalte Luft im Zimmer so schädlich ist, wie kalte Luft im Freien an sich keine nachtheiligen Folgen zeigt. Die in den meist über schlecht geheizten Wohnungen im Winter frierenden Armen leben also dabei auch in schlechter, verdorbener Luft. Die Unterstützung der Armen im Winter mit Brennmaterial ist also eine sanitätspolizeiliche Massregel von grosser Bedeutung und Tragweite. Die Versuche ergeben jedoch, dass auch unter den günstigsten Bedingungen die natürliche Wandventilation nicht ausreicht, um die Luftverderbnisse hintanzuhalten, wenn mehr als ein Individuum ein Zimmer (von 3000 Cubikfuss) bewohnt.

Die Porosität der Wände hört sogleich auf, sowie die letzteren feucht werden. Neuerrichtete Wände und Häuser zeigen noch keine genügende natürliche Ventilation wegen der noch feuchten Wände. Daraus erklärt sich z. Th. die Gefahr neuer oder fast feuchter Wohnungen für die Gesundheit. Am allerschädlichsten wirkt dieser Faktor natürlich in Krankenzimmern und Spitälern, wo das Luftbedürfniss ein sehr viel grösseres ist. LÜSKEN findet den Wassergehalt des Mörtels eines »Neubaues« bis zu 40%, der ausgebackenen Wände nur zu etwa 0,5%.

Die natürliche Ventilation durch die Wände kann durch Ofenheizung im Zimmer gesteigert werden. Nach directen Messungen PETTENKOFER's erhöht ein lebhaftes Feuer im Zimmer den Luftwechsel durch die natürliche Ventilation um etwa 40 — 90 Cubikmeter in der Stunde.

In Zeiten, in denen das Oeffnen der Fenster gestattet ist, haben wir hierin eine nicht unbedeutende und oft ausreichende Ventilationsunterstützung. Es steigt und fällt hiermit die absolute Menge der ein- und ausströmenden Luft mit der Zu- und Abnahme der Temperaturdifferenzen. Im Winter zeigt sich eine halbe Stunde so wirksam, wie im Sommer halber Tag. In Kriegsspitälern, in denen der Krankenstand (besonders bei vielen eiternden Flächen) nicht sogleich vermindert werden konnte, hat sich das Ausheben der Fenster und nur gelegentlicher Verschluss derselben mit Fensterläden sehr zweckmässig erwiesen. Bekannt sind die Arkaden in Kissingen (1866), in denen die Schwerverwundeten halb im Freien sich am besten befanden. Das Pavillon- und Zeltsystem, aus dem amerikanischen Bürgerkriege stammend, hat die gleiche sanitätliche Bedeutung. Es ist für die Erhaltung des Lebens weit besser, dass ein Verwundeter mit starker Eiterung (— ebenso eine Enthundene —) in offener Strasse liegt, als in einem überfüllten, nicht genügend ventilirten Raume.

Wenn wir manche neugebaute Kranken- oder Gebäuhäuser betrachten, so staunen wir, wie wenig man bei Anlage solcher Anstalten noch immer den Anforderungen der Wissenschaft Rechnung trägt. Selbstverständlich ist ein grosser viereckiger Hausstock die schlechteste Form für ein solches Haus. Krankenhäuser sollen stets luftige, besonders schmale Gebäude sein, welche der natürlichen Ventilation möglichst viel ins Freie stehende Wand darbieten, mit grossen Fenstern, denen ein Gegenzug entweder durch gegenüberstehende Ventilationsöffnungen, Fenster oder Thüren, gemacht werden kann; die Front nach Süden gerichtet: möglichst ohne Seitenflügel. Dasselbe Erforderniss gilt für Kasernen, Seminare, Strafanstalten etc.

Die Reinheit und Gesundheit der Luft in Wohnräumen wird nicht allein durch die Ausströmung des Menschen selbst beeinträchtigt. Ein gesundes Geruchsorgan belehrt uns, dass Allem auch die Unrathsstellen in und bei unseren Wohnungen, besonders die Abtritte und Kellern etc., die Luft verunreinigen. Und wir dürfen nicht vergessen, dass für unsere Sinne nicht alle Verunreinigungen wahrnehmbar sind. Wir kennen eine Anzahl von giftigen Gasen, z. B. Kohlenoxydgas, die durch Nichts dem Geruchssinn ihre Gegenwart verrathen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass wir bei näherem Eindringen in die Kenntniss der gasförmigen Stoffe, welche von Fäulnissherden der Luft beigemischt werden, die Zahl der bis jetzt bekannten besonders gefahrdrohenden, weil unmerklichen Gifte noch vermehren müssen.

Der Boden, auf welchem die Häuser stehen, wird durch das Einsickern der menschlichen Excremente in hohem Maasse mit organischen, faulenden Substanzen imprägnirt. Die Ausströmungen des Bodens mischen sich beständig der Luft unserer Wohnungen bei; wir atmen und wohnen dadurch in unreiner Luft, die in hohem Maasse schädliche Einwirkungen ausüben kann; v. PETTENKOFER hat neuerdings Untersuchungen über die Zusammensetzung der Luft im Boden: Grundluft, angeregt und begonnen, welche schon sehr interessante Aufschlüsse über die im Boden mit wechselnder Energie stattfindenden Oxydationsvorgänge, über den Zusammenhang mit der Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit gegeben haben. Auch er dient zunächst die Kohlensäurebestimmung in der Bodenluft als Maassstab für die im Boden vor sich gehenden Zersetzungs- (Fäulnis-) und Oxydationsvorgänge. FLECK hat gezeigt, dass mit der Zunahme der Kohlensäure in der Grundluft der Sauerstoff entsprechend abnimmt. Die Kohlensäure der Grundluft stammt daher aus Oxydationen, welche im Boden

vor sich gehen. Die Kohlensäurebildung findet im Wesentlichen nur in den oberen Bodenschichten statt. Die absoluten Kohlensäuremengen der Grundluft schwanken in verschiedenen Jahren und in dem gleichen Jahre in den verschiedenen Jahreszeiten. Das Minimum des mittleren Kohlensäuregehaltes der einzelnen Monate fällt in den Winter, das Maximum den Sommer. In rein mineralischem Boden enthält die Grundluft nicht viel mehr Kohlensäure, als die Atmosphäre. Organische Beimischungen zum Boden sind die Quelle einer stätigen Kohlensäurebildung, doch zeigt gedüngter Boden geringere Kohlensäurewerthe, als ungedüngter. Die verschiedenen Bodenarten haben die Fähigkeit, Kohlensäure zu verdichten; letztere geht nur dem trockenen Quarzsand ab. Trockener Boden hat weniger Kohlensäure als feuchter. Auf Regen folgt zuerst eine Steigerung, dann rasch, wenn Verdunstung eintritt, Abnahme der Kohlensäure (MÖLLER).

Es scheint kaum möglich, aber auch unnöthig, die Vergiftung, die der Boden seit dem Bestehen der Städte und Wohnräume erfahren hat, durch Desinfection des Bodens wieder zu beseitigen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass, wenn kein neuer Nachschub von organischen Materien in den Boden gelangt, die darin enthaltenen, krankheitszeugenden organischen Stoffe nach einer verhältnissmässig kurzen Zeit durch die eindringende Luft zerstört sind. Es kommt also vor Allem darauf an, der Fortsetzung der Verunreinigungen des Bodens zu steuern. Wir dürfen die Abwasser der Häuser und Fabriken, die mit organischen Stoffen arbeiten, besonders aber die Exkremente der Thiere und Menschen nicht mehr in den Boden der Städte gelangen lassen, wohin man sie früher systematisch eindringen liess. An einer anderen Stelle wurde schon die wasserdichte Anlage aller Abzugscanäle, die sich besonders durch Cementirung erreichen lässt, als Nothwendigkeit gefordert. Es ist aber einleuchtend, dass auch die Einleitung dieser Abzugscanäle in Flüsse, worauf sie häufig berechnet sind, nicht ganz gefahrlos sein kann, und in Städten wie London und Paris, in denen das gereinigte Flusswasser das einzige Trinkwasser ist, kommt noch die Gefahr der Krankheitsverschleppung durch das Trinkwasser hinzu. Man hat vorgeschlagen, das ursprünglich chinesische System der Abtrittfässer (*fosses mobiles*) einzuführen, welche die Verunreinigung des Bodens verhindern und die Benutzung der fraglichen Stoffe für die Landwirthschaft ermöglichen. Das Letztere streben auch das System der Berieselung und die *Erd closets* an.

Für die richtige Ventilation der Wohnhäuser ist die Anlage der Abtritte von grosser Wichtigkeit. Durch die Abtritte stehen die Häuser gewöhnlich mit den Abtrittgruben, mit Räumen voll fauliger Substanzen, in directer Luftverbindung. Dasselbe ist der Fall in Küchen durch Ausgüsse, welche direct in ein unterirdisches Canalsystem münden, in denen die Abfälle der Stadttheile weggeschwemmt werden sollen. Im Winter, wenn die Wohnungen geheizt und dadurch wärmer sind, als die Umgebung des Hauses, findet durch diese grossen Oeffnungen ein gewaltiger Luftstrom aus diesen Orten der Verwesung und des Ekels seinen Weg in die Häuser. Der widerliche Geruch, besonders auf Treppen und in den Plätzen in der Nähe der Abtritte — oft sind sie direct neben der Küche!! — gibt uns ein deutliches Kennniss dieser Art der ekelhaftesten Lüfterneuerung. Jede Lichtflamme, in die Nähe dieser fraglichen Oeffnungen gehalten, zeigt uns durch ihre Bewegung die Richtung des Luftstroms an, der bei grösseren Temperaturdifferenzen sich bis zum hörbar rauschenden Zugwind steigern kann. Hier bedarf es einer möglichst vollkommenen Abhülfe. Man kann durch Wasser- oder Erdverschluss der Oeffnungen (*Wasser-*, *Erd closet*) das Eindringen der Luft in die Wohnungen verhindern oder die Abtrittluft in den Kamin ableiten.

Die Verunreinigung der Gesamtatmosphäre, welche in einem ungeheuren Luftstrom über unsere Städte, über die ganze Oberfläche der Erde dahinfliesst, durch schlechte Luft, die wir ihr zuleiten, kann nicht in Frage kommen. Die Verdünnung wird eine fast absolute. Die Menge der Luft im Freien, sagt PETTENKOPF, und ihre Geschwindigkeit ist hinreichend gross, um ihr ohne Nachtheil für unsere Gesundheit die Ausdünstung aus einer Abtrittrohe einer Stadt übergeben zu können, welche sofort ebenso verdünnt werden, wie die viel grösseren Mengen Kohlensäure, welche die grosse, mit Steinkohlenfeuer betriebene Fabrikindustrie von Manchester beständig in die Luft haucht, welche über die Stadt strömt.

Es muss in ihren Strassen und Plätzen selbst nach den empfindlichsten Methoden eine Verunreinigung des Kohlensäuregehaltes der Luft nachzuweisen ist. Wenn wir die Verunreinigung der Luft in der Gesamtatmosphäre gestatten, dagegen die unserer Wohnungen so sorgfältig zu vermeiden haben wollen, so erinnern wir uns dabei daran, dass auch im bestventilirten Hause die Luftbewegung noch um das Hunderttausendfache geringer ist, als im Freien. In der Luft des Hauses können sich die gefahrbringenden, gasförmigen Stoffe in merklicher Quantität anhäufen, während das in der stets bewegten Gesamtatmosphäre nicht möglich ist. PETTENKOFER berechnet, dass ein Mensch, welcher im Zimmer das Normalquantum Luft, 60 Cubikmeter in der Stunde erhält, im Freien, bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit 10' in der Secunde (München), 202500 Cubikmeter erhalten würde. Bei Windstille ist die Bewegung der Luft immer noch 2' in der Secunde, bei stärkstem Sturme (Hurrican) gehen die Beobachtungen die Windgeschwindigkeit auf 146,7' an.

**Ammoniakgehalt der Luft.** — Nach P. TRAUCHOR'S Bestimmungen betrug der Ammoniakgehalt in 1 Cubikmeter Luft bei 00 und 760 mm Druck auf einem 395 m über dem Meeresniveau gelegenen Beobachtungsort im Sonnenschein im Maximum 1,42 Milligramm, bei leichtem Regen 2,43 Milligramm; auf einem viel höher (1884 m) gelegenen bei Sonnenschein 5,27 Milligramm, bei Nebel 5,55 Milligramm, also beträchtlich mehr.

### Methode der Kohlensäurebestimmung in der Luft.

Die Methode der Kohlensäurebestimmung nach PETTENKOFER beruht darauf, dass Alkalien die Kohlensäure begierig absorbiren. Wenn man ein abgeschlossenes Volumen in einer Flasche, z. B. mit Kalkwasser oder noch besser mit Barytwasser längere Zeit stehen lässt, so entsteht von dem sich bildenden kohlensauren Baryte oder Kalke eine Weissung der eingegossenen Flüssigkeit und die Luft wird vollkommen kohlensäurefrei. Hat man in einem dem eingegossenen Volum gleichen Volum des Kalk- oder Barytwassers vorher eine Säure, am besten Oxalsäure, den Alkaligehalt bestimmt, indem man prüfte, wie viel Oxalsäure zugesetzt werden musste, bis die Flüssigkeit eben gelbes Kurkumapapier nicht mehr bräunte, also neutral reagirte, so wird nach dem Schütteln mit Luft das nun theilweise kohlensäure gesättigte gleiche Volum der sonst gleichen Flüssigkeit weniger Oxalsäure zur Neutralisirung bedürfen.

Die Neutralisirung geschieht nach der Methode der Titrirung. Man bereitet sich zuvörderst eine Normalsäurelösung, deren Gehalt an Säure man so genau kennt, dass man ihn für jeden Theil eines Cubikcentimeters angeben kann. Man wiegt zu diesem Zwecke reiner, krystallisirter, einige Stunden mit einer Glasglocke gedeckt über concentrirter Schwefelsäure gestandener Oxalsäure, welche die Eigenschaft hat, trocken an der Luft weder Wasser anzuziehen, noch abzugeben, mit genauen Gewichten auf einer feinen chemischen Waage 2,8636 Gramm ab und bringt sie in 1 Liter destillirtes Wasser von 12—16° C. Nach guter Mischung und Lösung ist die Säure zum Gebrauch fertig. Es entspricht nun genau 1 cc der Säure einem Milligramm Kohlensäure, und wenn man weiss, wie viele Cubikcentimeter der Oxalsäurelösung man zum Neutralisiren eines Barytwassers gebraucht, so weiss man auch, wie viele Milligramme Kohlensäure man dazu nöthig gehabt hätte. — Zur Bereitung der Barytlösung wird Aetzbaryt in einer Flasche mit destillirtem Wasser übergossen und lange Zeit stark geschüttelt. Nach einigem Stehen hat er sich geklärt durch Absetzen des ungelösten Barytes. Ist die Lösung mit Baryt gesättigt, so verdünnt man sie zum Gebrauch etwa um das Dreifache. Man hat zweckmässig zwei verschieden starke Barytlösungen, die eine starke, von welcher 80 cc etwa 90 Milligramm Kohlensäure zur Neutralisirung bedürfen, die andere schwache, von welcher 80 cc nur etwa 30 Milligramm Kohlensäure entsprechen. Letztere ist für die vorliegenden Bestimmungen am passendsten.

Zur Ausführung der Bestimmung, wie viel Normalsäure zur Neutralisirung einer bestimmten Menge unserer Kalk- oder Barytlösung erforderlich ist, bedarf man nun noch an folgenden Instrumenten:

1) eine MOHR'sche Burette mit Quetschhahn, deren Theilung ca. 50 cc umfasst, und an der



jeder Cubikcentimeter in 5 Theile getheilt ist, so dass man von 0,2 cc zu 0,2 cc fort, die Säure in die alkalische Lösung ausfliessen lassen kann.

2) zwei Saugpipetten, von welchen die eine genau 30 cc aus einer Flüssigkeit saugen erlaubt, die andere 45 cc. Man verwendet 45 cc Barytlösung zur Abwägung, titirt davon 30 cc nach und rechnet dann auf 45 cc;

3) mehrere Medicingläschen von ca. 3 Unzen = 90 cc Inhalt,

4) einen langen Glasstab.

Zur Bestimmung hebt man mit der Saugpipette 30 cc Kalkwasser oder Barytwasser und lässt sie in eines der Medicingläschen fliessen.

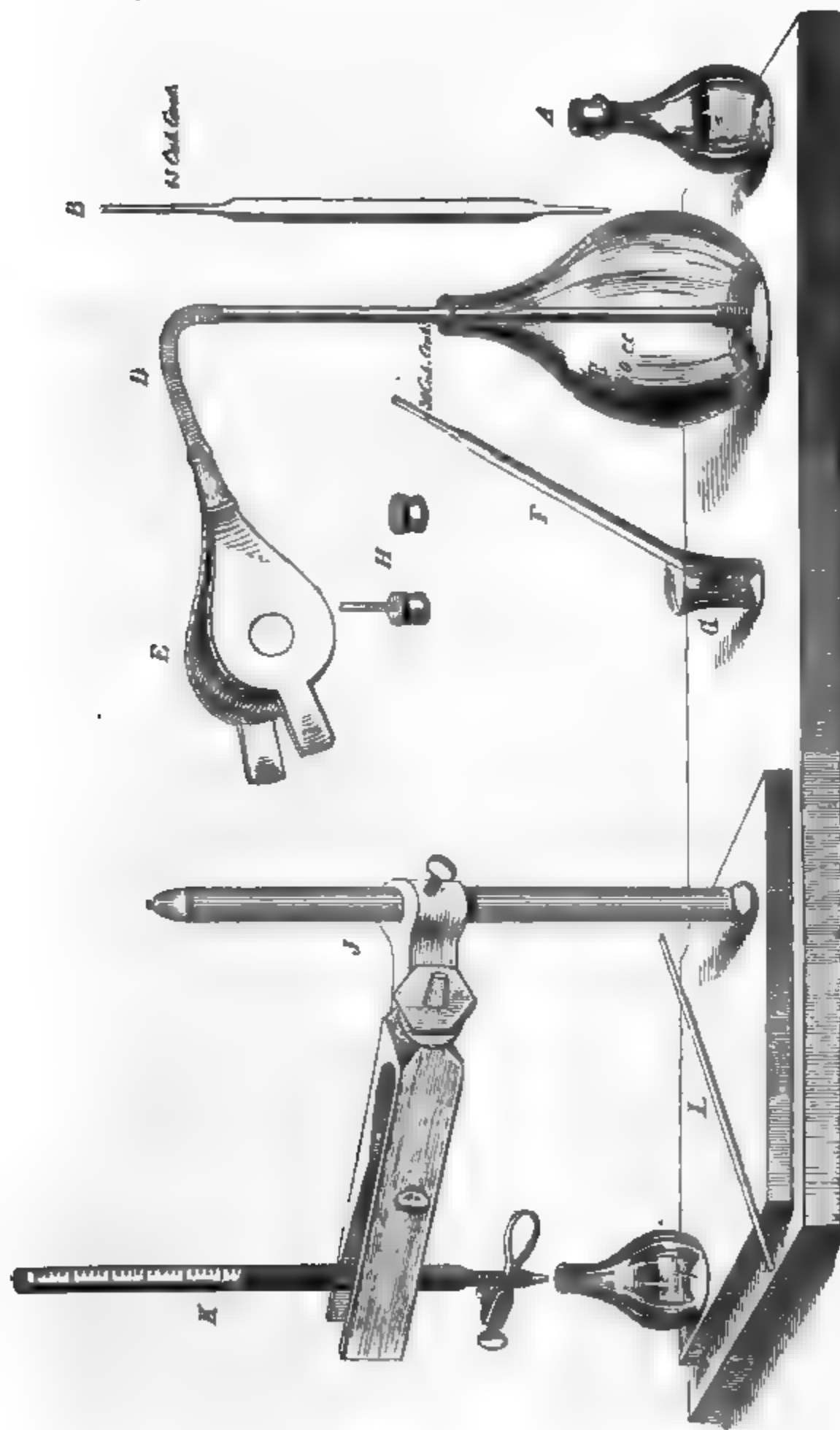
Die Burette, die in einem Burettensänder befestigt ist, hat man schon vorher obersten Theilstriche (0 cc) mit der Normalsäure gefüllt. Nun lässt man durch des Quetschhahnes von der Säure in das kalk- oder Barytwasser fliessen. 100 cc kalkwasser erfordern zwischen 34 — 39 cc der Oxalsäurelösung, bei Barytwasser gut, sich eine ähnliche starke Lösung durch zweckmässiges Verdünnen der Lösung herzustellen. Man nähert sich sehr vorsichtig dem Punkte, indem man in der Nähe nur von Zehntel zu Zehntel Säure zufließen lässt und immer wieder auf dem Papiere prüft, an welchem die alkalische Reaktion verschwindet, ohne dass noch aufgetreten wäre. Bevor man einen Tropfen zur Prüfung auf die Reaktion heranzieht, muss die Flüssigkeit natürlich gut geschüttelt werden. Man verschliesst dazu mit dem Daumen die Oeffnung des Gläschens und schüttelt stark, der Daumen wird dann am Gläschens rein gestrichen, so dass die anhaftende Flüssigkeit in das Gläschen zurückfällt. Die Reaktionsprüfung geschieht so, dass man mit einem reinen Glasstab etwas aus der Flüssigkeit herausnimmt und auf empfindliches kurkumapaper bringt. In der Nähe des Tropfens färbt sich das Papier braun, es entsteht ein mehr oder weniger dunkler brauner Ring, so lange die alkalische Reaktion noch vorhanden ist. An der Grenzneutralisirung bedarf es einiger Aufmerksamkeit und Uebung, um zu entscheiden, ob keine bräunliche Färbung mehr sichtbar ist.

Um die Kohlensäure in der Luft mit Sicherheit zu bestimmen, genügen 6 Liter Luft aus dem Freien, welche nur 0,5 Vol. pro Mille Kohlensäure enthält. Für die Bestimmung in stark bewohnten Räumen genügen als Versuchsmenge 3 Liter Luft. Man wählt dazu Kolben oder Wasserflaschen mit einem so weiten Halse, dass eine langhalsige Saugpipette bequem hineingehalten werden kann. Der überstehende Hals wird am besten horizontal abgeschliffen und der Rauminhalt der Flasche gemessen mit destillirtem Wasser, das man aus einem Messgefäss, welches in Cubikcentimeter getheilt ist, einfliessen lässt, möglichst genau bestimmt. Auch die Temperatur der Luft muss bestimmt werden. Die Kalibrierung der Flasche kann auch durch Wägung geschehen, indem man zuerst die ganz trockene Flasche leer, dann mit destillirtem Wasser bis zum Rand gefüllt, abwägt. Die Gewichtszunahme gibt mit Berücksichtigung der Temperatur das Volumen an.

Zur Füllung der Flasche mit Luft bedient man sich eines kleinen Handblasbalgs, dessen Ausblaserohr man ein Kautschukrohr angesteckt hat, das bis auf den Grund der Flasche reicht. Ein kleiner Blasebalg fordert durch einen Stoss etwa  $\frac{1}{2}$  Liter Luft, um die mit der zu untersuchenden Luft anzufüllen, muss man bei 6 Liter Flascheninhalt 12 Stösse blasen, bei 3 Liter Inhalt also 30 mal. Wenn dieses geschehen ist, so bringt man die Saugpipette, die man ziemlich tief in die Flasche hält, 45 cc kalk- oder Barytwasser in die Flasche und verschliesst luftdicht, am einfachsten mit einer eng anschliessenden Korkkappe. Man liest nun Thermometer- und Barometerstand ab, um das in der Flasche eingeschlossene Luftvolumen, welches selbstverständlich nach dem Eingiessen von 45 cc Barytwasser um dieses Volumen kleiner ist, als die Zahl der Cubikcentimeter, die auf der Flasche auf 0° und 760 mm Barometerstand reduciren zu können. Nun bringt man die Flasche in eine fast horizontale Lage und schwenkt sie so, dass das Barytwasser den grössten Theil der Wandungen des Glases benetzt. Diese Bewegung wiederholt man zeitweise, bis

ten Räumen genügt  $\frac{1}{2}$  Stunde, für Luft aus dem Freien 2 Stunden, um alle Kohlensäure absorbiren.

Die Absorption der Kohlensäure beendigt, was man durch fleissiges Schwenken der



Apparate zur Pertzmann'schen Kohlensäurebestimmung.  
 A Flaschen mit Barytwasser. B und F Pipetten. C Flasche zur Messung der Luft. D Glasrohr mit Glasröhre.  
 E Glas mit Wachsfüllung. F Bürette mit Quetschhahn. J Bürette mit Quetschhahn. L Glasstab.

beschleunigen kann, so wird durch Titriren mit der nämlichen Säure, mit welcher so Alkaligehalt der 20 cc der frischen Lösung ermittelt hat, auch die Alkalinität von 20 cc Absorption der Kohlensäure verwendeten Barytwassers bestimmt. Zu diesem Behufe

giesst man dasselbe aus der Flasche in ein enges Becherglas. Um dasjenige, was an den Wänden der Flasche hängen bleibt, nicht sammeln zu müssen, wendet man zur Absorption 45 cc an, und misst von diesen 30 cc ab, die man genau auf die gleiche Weise in einem Medicinfläschchen neutralisirt, wie dieses oben beschrieben wurde. Wir werden dazu aber um einige Cubikcentimeter weniger Normalsäure verbrauchen, als für die frische alkalische Lösung, da in dieser ja nun einig Kalk oder Baryt durch Kohlensäure neutralisirt ist. Jeder Cubikcentimeter Säure, den wir nach der Absorption weniger bis zur Neutralisation zusetzen müssen, entspricht 1 Milligramm Baryt, an welches Kohlensäure sich gebunden hat. Aus der Bestimmung in den 30 cc rechnet man auf die 45 zur Absorption verwendeten, indem man einfach die Hälfte der in 30 cc gefundenen Kohlensäure noch zuaddirt. —

### Anhang.

**Beeinflussung der Athmung durch verschiedene Gase und Dämpfe.** — Der Stickstoff der atmosphärischen Luft kann ohne Beeinträchtigung der Athmung und der Gesundheit durch Wasserstoff und Sumpfgas ersetzt werden. Die Respirationsbewegungen werden verändert durch alle sauren und ätzenden Gase und Dämpfe, die durch sie veranlasste Reizung der Schleimhaut des Kehlkopfs und der Luftröhren hemmt die Einathmung und ruft krampfartige Ausathembewegungen: Husten hervor, auch sehr hoher Kohlen säuregehalt der eingeathmeten Luft wirkt ähnlich. Die eigentlich giftigen Gase: Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Kohlenoxyd, Stickoxydul u. a. ändern die Athembewegungen erst, wenn sie auf ein Mal in sehr grosser Menge geathmet werden. Kohlenoxyd ist besonders darum so gefährlich, da seine Anwesenheit sich dem Geruchssinn an sich nicht bemerkbar macht. Die Verbindung des Haemoglobins mit Kohlenoxyd senkt die Kohlensäureausgabe in der Athmung herab, das letztere wird auch von Morphin (BAUER und v. BOECK), Kurare, Alkohol behauptet (cf. oben Blutgase).

Den Nachweis von Kohlenoxydgas in der Luft führt H. W. VOGEL optisch mit verdünntem Blut (S. 408).

**G. v. Liebig's mechanische Theorie der Bergkrankheit** (cf. S. 549, 550). — Nicht Veränderungen der Sauerstoffaufnahme in das Blut, sondern Veränderungen in der Athemmechanik sind der Grund, warum die Mehrzahl der unter einem höheren Luftdruck aufgewachsenen Menschen eine Verminderung des Luftdrucks um 300 mm nicht ohne Beschwerden ertragen kann; ihre Lungen sind nicht im Stande, unter einer solchen Druckverminderung schon gleich anfangs ihre Thätigkeit in normaler Weise fortzusetzen. Es ist hauptsächlich die elastische Wirkung des Lungengewebes, die durch die Verminderung des Luftdruckes und zwar in entgegengesetzter Weise für Einathmung und Ausathmung beeinflusst wird. Die normale Ausathmung erfolgt durch die Elasticität des durch die Einathmung ausgedehnten Lungengewebes, unterstützt durch die elastischen Wirkungen der ebenfalls dadurch ausgedehnten Brust- und Bauchwand. Die ausströmende Luft findet aber in der Dichtigkeit der Atmosphäre einen Widerstand, welcher ihre Geschwindigkeit vermindert; je höher der atmosphärische Druck ist, je dichter mit anderen Worten die Luft, welche ausgeathmet wird, desto mehr wird die (elastische) Zusammenziehung der Lunge verzögert u. v. v. Unter erhöhtem Druck wird daher die Zeit der Ausathmung verlängert, unter vermindertem Druck verkürzt. Umgekehrt ist das Verhältniss bei der Einathmung. Die Ausdehnung der Lunge bei der Einathmung erfolgt normal durch die Wirkung der Athmuskeln, jedoch wesentlich unterstützt durch die Wirkung des Luftdrucks. Je stärker der Luftdruck ist, desto rascher vermag die einströmende Luft die Lungenelasticität zu überwinden, die Lunge auszudehnen. Die Einathmung bei hohem Luftdruck vollzieht sich somit etwas rascher, bei niedrigem langsamer. Bei stärker verdünnter Luft muss die beständige Wiederkehr einer Verzögerung, welche die vollständige Befriedigung des Athmbedürfnisses erschwert, besonders bei körperlicher Anstrengung, endlich eine Ermüdung der vergeblich angestregten Athmuskeln und damit alle die als Bergkrankheit bekannten Erscheinungen hervorrufen. G. v. Liebig's Theorie vermag ebenso die günstige Wirkung verdichteter als mässig verdünnter Luft zu erklären.

## Funfzehntes Capitel.

### Die Nieren und der Harn.

---

#### Der Harn.

Wie die Lungen der Ausscheidung des gasförmigen Wassers und der Kohlensäure, so dienen die Nieren der Entfernung des tropfbar flüssigen Wassers und der festen, löslichen Auswurfstoffe des Organismus. In ihnen wird das Blut in die physikalischen Bedingungen versetzt, unter denen es die ihm aus dem Umsatz der Gewebe beigemischten, meist krystallisirbaren und leicht ausfällbaren Stoffe, welche zum grossen Theil für den Organismus ebenso wie die Kohlensäure Gifte sind, abgeben kann. Das Aussetzen der Nierenthätigkeit führt, wie die Sistirung der Lungenthätigkeit, wegen der mangelnden Entgiftung des Blutes zum Tode. Bei den Nieren finden wir, wie bei den Lungen, Hilfsorgane, welche ihre Ausscheidung unterstützen und zum Theil übernehmen können. Es sind dieselben, die wir als Hilfsorgane der Lungenreinigung kennen lernten: Haut und Darm.

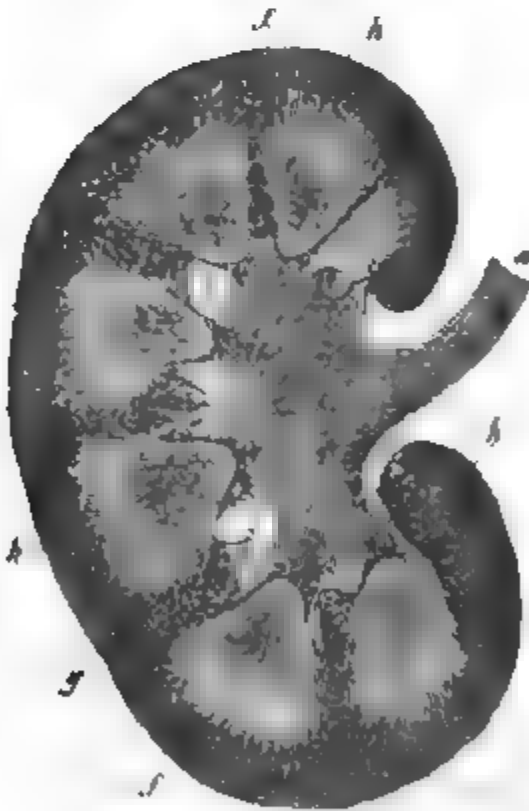
Die Stoffe, die im Harn den Organismus verlassen, sind theilweise wahre Exkrete. Zum Theil sind sie überschüssig als Nahrungsstoffe in den Organismus eingeführt und verfallen nur durch die Wirkung der in den Nieren gegebenen mechanischen Bedingungen der Ausscheidung: es sind dies vorzüglich das Wasser, ein Theil der Salze und die geringe, im Harn enthaltene Sauerstoffmenge. Das Wasser wird aber als Lösungsmittel der Harnbestandtheile auch dann noch, aber in verminderter Menge, in den Nieren abgegeben, wenn es nicht überreichlich zugeführt wird. Ein dritter Antheil der Stoffe im Harn stammt direct den in den Nieren vor sich gehenden Stoffumsetzungen. Gewisse mit der Nahrung eingeführte Stoffe gehen regelmässig und vollkommen in den Harn über und verändern auf kürzere oder längere Zeit seine chemische Zusammensetzung.

Der Harn ist nach dem Gesagten eine sehr zusammengesetzte Flüssigkeit. Nennen wir die Zusammensetzung als die normale an, die er zeigt bei gewöhnlicher, gemischter Kost oder dann, wenn dem Körper alle Nahrung entzogen wird und er nur von seinen Organbestandtheilen zehrt, so sind als normale Bestandtheile des Harns aufzuzählen (in den Quantitäten, in welchen sie bei natürlicher Ernährung auftreten): vor Allem Wasser (500—2000 Gramm im Tage), vorzüglich je nach der Menge des Getränks schwankend, und in diesem Harn als Hauptbestandtheil Harnstoff (im Tage zwischen 30—40 Gramm) in

weit kleineren, wechselnden Mengen (meist unter 4 Gramm im Tage), **Kreatin** (und **Kreatin**), **Harnsäure**, **Hippursäure**, gepaarte **Schwefelsäuren**, stickhaltige **Kryptophansäure**, **Farbstoffe**, sehr geringe Quantitäten von **Zucker**, **Fetten** (?) und **Ammoniak** und chemisch zum Theil noch nicht bestimmte **Extraktivstoffe**; dazu dann die anorganischen Salze des Blutes. **Metallen** **Natrium**, **Kalium**, **Calcium**, **Magnesium**, gebunden an **Chlor**, **Schwefelsäure**, **Phosphorsäure** und **Kohlensäure**; auch **Gase** finden sich im Harn: **Sauerstoff**, **Stickstoff** und **Kohlensäure**. Die **Reaktion** des frischen Harns ist meist deutlich **sauer** (von saurem phosphorsaurem Kali und Natron); **Farbe** des Harns ist ein helleres oder dunkleres **Gelb**; man bemerkt einen eigenthümlichen **aromatischen**, mit der Nahrung wechselnden Geruch. Gewöhnlich ist dem Harn aus den **Schleimdrüsen** der Harnwege etwas **Schleim** beigemischt, der sich als **Wölkchen** bei längerem Stehen des entleerten Harns absetzt. **Specifiche Formelemente** fehlen ihm gänzlich, das **Mikroskop** zeigt nur zufällige Beimischungen auf: **abgestossene Blasenepithelzellen**, im Secret **Schleimkörperchen**, nach **Samenentleerungen** **Samenfäden**, bei **menstruierenden Frauen** **Blutkörperchen**. Der wechselnden Zusammensetzung entsprechen die **Schwankungen des specifischen Gewichtes**: normal etwa zwischen 1020 und 1030, das Gewicht des Wassers = 1000 gesetzt.

### Die Nieren und Harnwege.

Fig. 430.



Ein Schnitt aus der Mitte der Niere eines Kindes. *a* Ureter, *b* Nierenbecken, *c* Nierenkelche, *d* Papillen, *e* MALPIGHI'sche Pyramiden, *f* BERLINI'sche Pyramiden, *g* Septa Bertini, *h* äußere Theile der Kapselsubstanz.

Die Organe für die Harnausscheidung stehen aus den Harn abscheidenden **Nieren**, und den Harnwegen **Harnleitern**, **Harnblase** und **Harnröhre**.

Die **Nieren** liegen in lockeres, meist **fetthaltiges Bindegewebe** eingebettet. Die **Drüsensubstanz** wird von **fibröser Kapsel** umschlossen: **Tunica albuginea** aus **Bindegewebe** mit **elastischen Fasern** bestehend. Mit freiem Auge sieht man die **Drüsensubstanz** in zwei gesonderte Schichten zerfallen, in **Mark-** und **Rindenschicht**; erstere ragt mit 8—15 grösseren, kegelförmig zuspitzenden **Warzen**, den **MALPIGHI'schen Pyramiden**, in das **Nierenbecken** herein. Die **Rinde** bildet den von dem **Hilus** abgewendeten Theil der Oberfläche des Organes und setzt sich zwischen die **Pyramiden**, diese von einander trennend, in **schmäler Schicht** als **BERLINI'sche Säulen**, **Columnae BERLINI**, fort. **Functionell** ist zu jeder **Pyramide** ein **Abschnitt Rindensubstanz**, auch das **Mikroskop** und die **Entwicklungsgeschichte** weisen die **Zusammengehörigkeit** nach, so dass, auch wenn zwischen diesen Abschnitten sich nicht, wie bei anderen Drüsen mit lappigem Baue **Bindegewebseinlagerungen** finden, die

anderer Drüsen mit lappigem Baue **Bindegewebseinlagerungen** finden, die



aus so viel zusammengehörigen Lappen zusammengesetzt erscheint, als Lamellen besitzt (Fig. 430).

Die Hauptmasse sowohl der Rinden- wie der Marksubstanz bilden Blutgefäße und engere und weitere cylindrische, röhrenförmige Drüsenschläuche, die Kanälchen, Tubuli uriniferi, welche im Mittel im Durchmesser etwa

0,065 mm messen. Sie beginnen

in der Rindensubstanz mit kugeligen, kleeblattförmigen Ausbuchtungen, die im Innern einen Gefäßknäuel bergen; es sind

die sogenannten MALPIGHI'schen Körperchen oder Kapseln, die etwa 0,22 mm messen und mit einer

bestimmten Stelle in ihr Harnkanälchen verbunden sind. C. Ludwig hat ihren Verlauf

am genauesten untersucht. In der Rindensubstanz verlaufen die weiteren Kanälchen anfänglich sehr geschlängelt

sogenannte gewundene Harnkanälchen, Tubuli contorti, gegen

die Grenze des Marks. Dort vereinigen sich jedes Röhrchen rasch und dringt

in ein gestreckt verlaufende enge Canalicule (HENSEL) in das Mark ein,

die sich wieder zur Rinde, schwillt wieder zu dem Lumen der gewundenen

Canalicule an (Schaltstück) und münden in einem convexen Bogen mit

in ziemlich demselben Orte zu mündenden Röhrchen unter nochmaliger

Verengung zu einem einfachen geraden (Sammelrohr) zusammen. Die Sammel-

rohre verlaufen gestreckt bis zum Centrum des Marks, wo sie sich unter

reinem Winkel mit anderen Sammel-

rohren je zwei und zwei verbinden. Die folgende Abbildung macht diesen

Verlauf anschaulich (C. Ludwig). Diese

gestreckt verlaufenden weiteren Canalicule (Haupttröhren), welche mit den

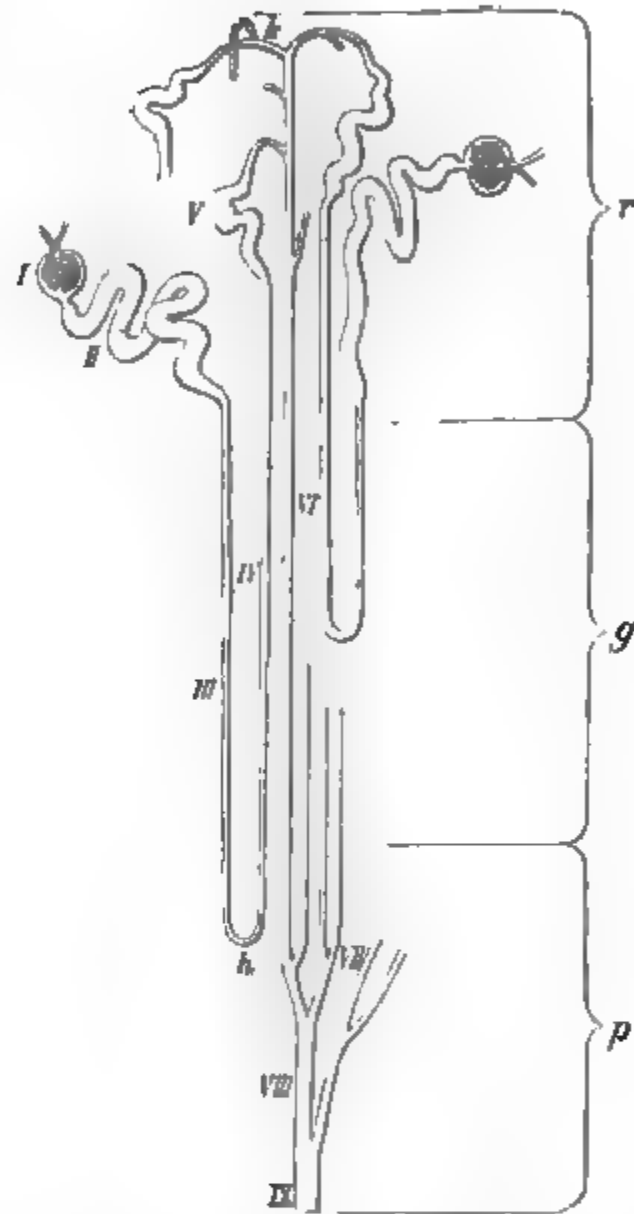
in den Nieren die geraden Harnkanälchen, Tubuli recti, heißen, vereinigen sich unter

stumpfen Winkel zu einem je zu zweien oder mehreren mündenden weiteren Canalicule, bis sie

endlich auf 200—300 Papillengänge, Ductus papillares, 0,052 bis

0,065 mm im Durchmesser, zusammengeschmolzen an der Papille ausmünden (Fig. 434). Verfolgen wir die Ductus papillares in umgekehrter Richtung nach

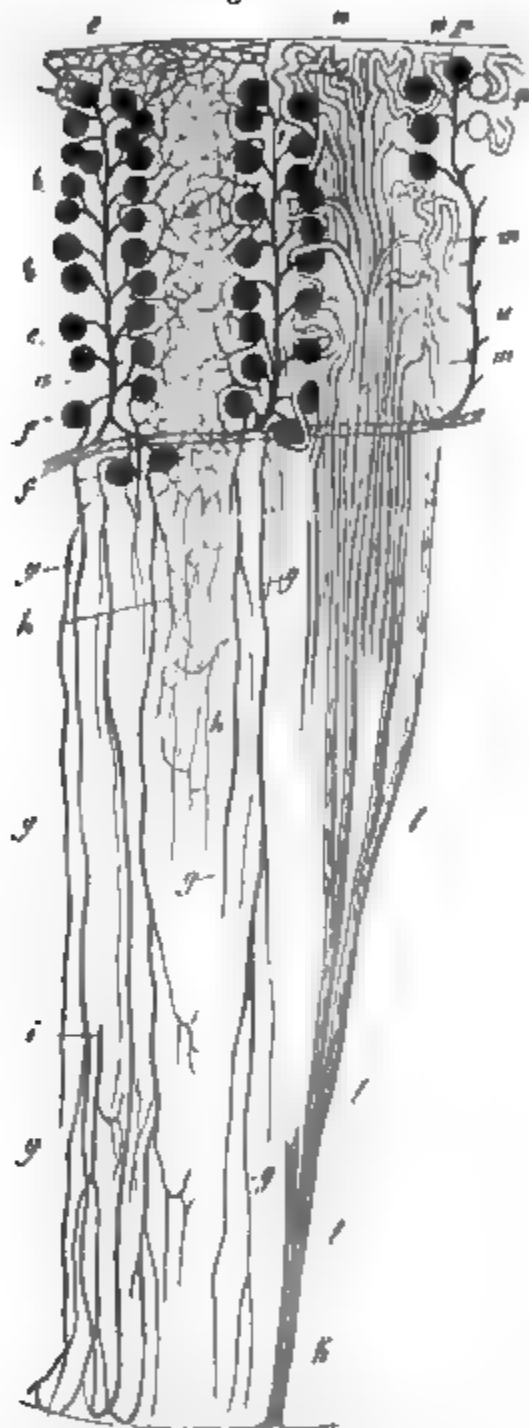
Fig. 434.



Schematische Darstellung des Verlaufes der Harnkanälchen; Menschennieren. *p* Papillarschicht, *g* Grenzschicht des Marks, *r* Rinde. Kapsel des Glomerulus *I*, der durch den Hals in das bogig gewundene Canalstück *II* übergeht. Dieses spitzt sich an der Mark-Rindengrenze in den absteigenden Schlingenschenkel *III* zu, und geht als solcher durch HENSEL's Schleife (*h*) in den aufsteigenden Schlingenschenkel *IV* über. An diesem schließt sich das Schaltstück *V*, welches durch den äußeren Bogen an die Krone (*k*) des Sammelrohrs *VI* übergeht. Das Sammelrohr verbindet sich mit den benachbarten desselben Markstrahls *VII* zum Hauptrohr *VIII* und dieses endlich mit anderen Haupttröhren zum ductus papillaris *IX*.

aufwärts, so sehen wir sie durch fortgesetzte spitzwinkelige Theilung die Röhrenzweige sehr an Dicke abnehmen, in ein Bündel feiner Röhre

Fig. 132.



Senkrechter Schnitt durch einen Theil der Pyramide und der dazu gehörenden Rindensubstanz einer eingespritzten Kaninchenniere. Halbschematische Figur. Vergr. 30. Links sind die Gefäße, rechts der Verlauf der Harncanälchen dargestellt. *a* Arteriae interlobulares mit den Glomeruli Malpighiani *b* und ihren Vasa afferentia, *c* Vasa efferentia, *d* Kapillaren der Rinde, *e* Vasa efferentia der äussersten Körperchen, in die Kapillaren der Nierenoberfläche übergehend, *f* Vasa efferentia der inneren Glomeruli, in die Arteriolae rectae *ggg* sich fortsetzend, *h* Kapillaren der Pyramiden, aus den letzteren sich bildend, *i* eine Venule recta an der Papille beginnend, *k* Ductus papillaris oder Anfang eines geraden Harncanälchens an der Papille, *l* Theilungen desselben, *m* gewundene Canälchen in der Rinde, nicht in ihrem ganzen Verlaufe dargestellt, *n* dieselben an der Nierenoberfläche, *o* Fortsetzung derselben in die geraden Canälchen der Rinde, *p* Verbindung derselben mit MALPIGHI'schen Kapseln.

gehen, die von der Papille her Mark- und Rindengewebe aus und als FRANKLIN'sche Pyramiden beschrieben werden. Jedes Büsch gemeinschaftlich auf, und seinen Verlauf mit einem anderen vertauschen, stets noch wenn auch nicht vollständig begrenzte, durch die ganze Rinde hindurch verfolgende säulenförmige Fasciculus corticalis, FRANKLIN'sche Pyramide. C. LUDWIG nennt die Verzweigung eines Hauptrohrs (cf. die Abbildung Fig. 134) Primitivkegel, sie ist in allen Höhen der Rinde mit MALPIGHI'schen Kapseln umgeben, in welchen die gewundenen Canälchen eines um das andere verläuft, als büschelförmigen Knäuel nach oben um mit seinem MALPIGHI'schen Körperchen zusammen zu treffen. In den Rindenbündeln verlaufen die Canälchen noch mehr oder weniger gerade, ehe sie sich seitlich zu den MALPIGHI'schen Körperchen wenden, biegen erst noch schlingenförmig nach unten in die Marksubstanz aus, steigen wieder nach aufwärts und senken sich in je ein MALPIGHI'sches Körperchen (KÖLLIKER) (Fig. 132).

Die Harncanälchen bestehen (LUDWIG) aus einer Membrana propria, die innen mit einem Epithel ausgekleidet ist. Die Umhüllungshaut ist meist gleichartig. Die einschichtige Epithelzellen verhalten sich an verschiedenen Abschnitten der Canälchen verschieden, nur die begrenzte Gestalt der kugligen ist überall gleich. In den gewundenen Canälchen (auch im Stück) sind die Zellgrenzen und die Kerne scheinen in eine undurchsichtige Masse eingetaucht.

an der sich unregelmässige Spalten zeigen. Das Protoplasma des Epithels dick, reich an Fetttröpfchen. In den verengten Stellen an den Grenzen der Schaltstücke findet sich ein helles »mageres« Epithel, die Zellen liegen nach- und übereinander an den erweiterten Grenzen der Schaltstücke. Die Tubuli haben Cylinderepithel, die Ductus papillares haben keine Grenzmembran.

Kugelige, meist scharf abgegrenzte Zellen finden sich auch in den Malpigh'schen Kapseln. Die Zellen überziehen das Gefässknäuel in der Kapsel an der Stelle, wo sich diese der Höhlung der Röhrrchen zuwenden.

Es ist bemerkenswerth das Verhalten der Nierenblutgefässe; nachdem die Arterien zu einem reichen Knäuel feiner Gefässe (Wundernetz) in den Malpigh'schen Kapseln zerfielen, treten sie wieder zusammen zu Gefässchen, in denen sie sich nicht verengen und wohl wenigstens zum Theil auch dem Baue nach Arterien, die

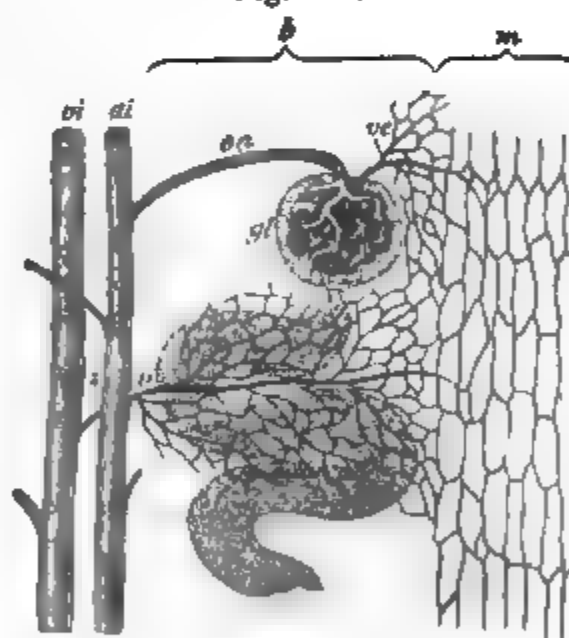
im weiteren Verlaufe sich zu eigentlichen Kapillaren auflösen, aus denen die Nierenvenen hervorgehen. Die Nierenarterie zerfällt im Nierenbecken in Arterien, welche in die zwischen den MALPIGH'schen Pyramiden gelegenen Marksäulen (Columnae BERTINI) eintreten und sich in zierlicher Weise im Laufe der Pyramiden verästeln. Aus jenem Theil dieser Verästelung, der

der Rindensubstanz angrenzt, treten sehr regelmässig fast rechtwinkelig Seitenäste ab, die sich noch weiter theilen. Ihre feinen Zweige (0,13—0,22 mm) verlaufen zwischen den beschriebenen Röhrrchenbündeln der Rindensubstanz, geraden Wegs nach aussen: man bezeichnet sie nach KÖLLIKER als Arteriae interlobulares. Sie tragen wie Beeren die MALPIGH'schen Kapseln, in deren Bildung sie meist ganz aufgehen. Jede solche kleine Interlobulararterie gibt in ihrer ganzen Länge sehr feine Zweige nach allen Seiten ab, trotz ihrer Feinheit (0,045—0,044 mm) den Bau der Arterien haben. Diese

Arterienzweige gelangen, nachdem sie noch einmal vorher noch einen kleinen, sich auflösenden Zweig abgeben, an die MALPIGH'schen Kapseln, treten in deren Hüllenmembran ein, und in den beschriebenen dichten Knäuel feiner Gefässe aufzulösen. In Beziehung auf die MALPIGH'schen Körperchen wird das zuführende Gefäss als Vas afferens bezeichnet. Es spaltet sich nach seinem Eintritte in fünf bis acht Aeste, welche noch

zu einem Büschel von Gefässchen zusammengehen, die in vielfachen Windungen, sich netzförmig zu verbinden, in einander geflochten, endlich in derselben Art, sich theilen, wieder zu einem einzigen Stämmchen, dem Vas efferens, zusammenfließen. In der grossen Mehrzahl der Fälle treten die zu- und abführenden Gefässe an derselben Stelle in die Kapsel ein und aus, und zwar meistens dem Anfang des Harncanälchens gegenüber (Fig. 433). Die Vasa efferentia sind

Fig. 433.



Verlauf der Blutgefässe im Körper der Rinde (Schematisch). Raum des Markstrahls, m Raum der bogig gewundenen Gänge *b*, *ai* Arteria interlobularis, *vi* Vena interlobularis, *ca* vas afferens glomeruli, *ve* vas efferens glomeruli, *gl* glomerulus. *va* Venenzweig der Interlobularvene.

an derselben Stelle in die Kapsel ein und aus, und zwar meistens dem Anfang des Harncanälchens gegenüber (Fig. 433). Die Vasa efferentia sind

sonach noch keine Venen, sondern feine Arterien, die erst im weiteren Verlauf ihr Kapillarnetz bilden, nach C. Ludwig mangelt ihnen die arterielle Muskelringhaut. Die Vasa efferentia erscheinen meist etwas enger, als die Vasa afferentia. In der Rindensubstanz spalten sich die Vasa efferentia nach kurzem Verlauf in ein reiches Netz von Kapillaren, dessen rundliche oder eckige Maschen die gewundenen Harncanälchen rings umspinnen. Anders als das oben beschriebene Verhalten der Rindengefässe ist das der Markgefässe. Die Vasa efferentia der an die Marksubstanz grenzenden MALPIGHI'schen Kapseln sind meist weiter, als die oben beschriebenen und senken sich zwischen die geraden Harncanälchen in langgestrecktem, geradlinigem Verlaufe ein und werden als Arteriola rectae bezeichnet. Sie verästeln sich, bevor sie die eigentlichen Papillen erreichen, spitzwinkelig, so dass sie den Verlauf der gestreckten Harncanälchen nachahmen. Die Kapillaren, die sie bilden, stammen von rechtwinkelig abgehenden feinen Zweigen und bilden ein wenig dichtes Netz langgestreckter rechtwinkliger Maschen. An der Grenze zwischen Rinde- und Marksubstanz hängt das reichliche rundlich-eckige Maschennetz der gewundenen Canälchen direct mit diesem rechtwinkligen sparsamen Netz zusammen. Ein Theil der A. rectae geht aus denselben Aesten der Nierenarterien hervor, aus denen die A. interlobulares entspringen, man erkennt diese an ihrer Muskelringhaut. Der verhältnissmässige Mangel an Kapillaren an den gestreckten Canälchen spricht dafür, dass der Hauptverkehr mit dem Blute neben den MALPIGHI'schen Körperchen den gewundenen Canälchen zukommt. — Die Venen. An der Oberfläche der Niere entstehen durch das Zusammentreten der zwischen den neben einander liegenden Nierenläppchen (FERREIN'sche Pyramiden) verlaufenden kleinen Venenwurzeln sternförmige Figuren: die VERHEYNSchen Sterne (Stellulae Verheyinii). Die daraus hervorgehenden stärkeren Venenstämmchen senken sich zwischen den Läppchen in die Tiefe und verlaufen mit den Interlobulararterien, nehmen die ihnen begegnenden kleineren Venen aus dem Innern der Rinde in sich auf und vergrössern sich dadurch. Sie treten dann unter meist spitzem Winkel mit anderen Venen zusammen und verlaufen mit den grösseren Arterien der Pyramiden, und zwar so, dass jede Arterie von je einer Vene begleitet wird. Alle Nierenvenen sind klappenlos. Ehe sie mit den Arterien und auf dieselbe Weise, wie diese die Nieren verlassen, nehmen sie noch das Blut der Papillarvenen auf, die in zierlichem Netze die Oeffnung der Harncanälchen an den Papillen umspinnen.

Ausser diesen der Absonderung dienenden Gefässen besitzt die Niere noch andere für ihre Gewebsernährung, die von der Nierenarterie, ehe sie den Hilus eintritt, von der Nebennieren- und Lendenarterie sowie von der A. phrenica abgegeben werden. Ob sie, wie angegeben wird, nur die Nierenhüllen versorgen, oder ob sie das gesamte Organ in ähnlicher Weise selbstständig ernähren, wie die Ernährungsgefässe der Lunge, ist nicht entschieden. Dass die Arterien, welche der Absonderung vorstehen, überdies auch noch der Ernährung des Organes dienen können, scheint daraus hervorzugehen, dass die Interlobulararterien hier und da auch noch feine Zweige an die Hüllorgane der Niere abgeben.

Die Saugadern der Niere konnte KÖLLIKER bis zu den Interlobulargefässen verfolgen. Die grösseren Stämmchen verlaufen mit den grösseren Blutgefässen

Im Hilus vereinigen sie sich zu einigen Stämmchen, nehmen noch die Lymphgefässe aus dem Nierenbecken auf und laufen zu den Lendenlymphdrüsen. Nach Ludwig und Zawarykin verlaufen die reichlichen parenchymatösen Lymphbahnen in den Interstitien des unter der Kapsel befindlichen Bindegewebes. Sie stehen mit den Lymphgefässen der Kapsel in Verbindung und dringen durch die Harncanälchen herein. Die aus der Rinde ableitenden Lymphgefässe verfolgen gegen den Hilus zu die Bahn der Blutgefässe. Erst am Hilus halten sie Klappen.

Die Nerven der Niere sind noch kaum weiter, als bis zu den Interlobulargefässen verfolgt worden. Sie stammen vom Plexus coeliacus des Sympathicus und umspinnen die Arterie in einem ziemlich dichten Geflechte. Noch im Hilus finden sich an ihnen einige (gangliöse) Knötchen. Die Niere hat nachgewiesenermassen Empfindungsnerven, welche auch die Weite der Blutgefässe beeinflussen.

Zwischen die bisher beschriebenen Gewebselemente der Niere tritt noch die Substanz ein, die aus einem mehr oder weniger dichten Bindegewebskörperchenetz meist ohne fibrilläre Zwischensubstanz besteht. Die Zellen stehen mit den Längsachsen ihrer Kerne senkrecht auf der Längsaxe der Harnkanäle. Zwischen den Röhren des Marks findet sich, gegen die Papillen zu an Masse zunehmend, auch streifiges Bindegewebe.

Auf der Oberfläche der Niere des Menschen findet sich nach Eberth ein weitmaschiges Netz glatter Muskelfasern, welche mit der Gefässmuskulatur in keiner Verbindung stehen und schmale Ausläufer in die Rindenabstanz entsenden.

Ueber den Bau der harnleitenden Organe haben wir von physiologischer Seite nur wenig zu sagen. Harnleiter, Nierenbecken und Nierenkelche bestehen aus drei Schichten: zu innerst eine Schleimhaut, dann eine Lage glatter Muskeln, zuletzt eine äussere Faserhaut, die aus Bindegewebe mit elastischen Fasern besteht und direkt mit der Nierenkapsel zusammenhängt. Die inneren Fasern der Muskelschicht verlaufen längsgerichtet, die äusseren quer. An den Nierenkelchen verdünnt sich die Muskelschicht mehr und mehr und endet an den Papillen. An dem Ureter kommt etwa von der Mitte eine dritte äusserste auch längslaufende Muskelfaserschicht hinzu. Die dünne Schleimhaut ist zwar reich an Gefässen, besitzt aber keine Drüsen oder Papillen, an den Nierenpapillen wird sie sehr fein. Das Epithel ist geschichtet. Die unterste Zellschicht ist rundlich, die mittlere mehr gestreckt, walzenförmig, an der Oberfläche sind die Zellen rundlich, vieleckig, gross, plattgedrückt. Häufig haben sie zwei Kerne, daneben auch noch andere kernartige Gebilde (Fig. 434). Bei der Harn-



Epithel des Pelvis renalis vom Menschen 350mal vergr. A Zellen desselben für sich. B Dieselben in situ. a Kleine, b grosse, Plasterzellen, c ebensolche mit kernartigen Körpern im Innern, d walzen- und kegelförmige Zellen aus den tieferen Lagen, e Übergangsformen.

lase kommt noch der Bauchfellüberzug zu den bisher beschriebenen Lagen hinzu. Die äussere Muskelschicht besteht, wie die bisher beschriebenen, zu äusserst aus einer Längs-



**Blasenwand:** deren Bündel in regelmässiger Weise neben einander verlaufen, Detrusor-  
 musc. Unter dieser liegt eine Schicht querlaufender Fasern, deren Bündel weniger voll-  
 ständig zusammenhängen. Am Blasenhalse vereinigen sich diese Fasern zu einer starken  
 Ringmuskelschicht: *Sphincter vesicae*. Ein reichliches, bindegewebiges Unterschleim-  
 hautgewebe verbindet die Blaseschleimhaut mit den genannten Schichten. Sie bildet  
 in der leeren Blase viele Falten, die bei der Füllung verstreichen. Sie ist glatt, ohne Zotten;  
 ihr geschichtetes Epithel ist dem der übrigen Harnwege ganz ähnlich: oben mehr platt,  
 rundlich-eckige und zackige geschwanzte Zellen, in der Tiefe spindelförmige. Im Blasen-  
 halse und Blasengrunde finden sich Schleimdrüsen, entweder einfach birnförmige Schläuche  
 oder auch verästelt, traubig, mit Cylinderepithel. FR. DARWIN hat in der Harnblase (Hund,  
 Kaninchen, sympathische Ganglien und blasse Nervenfasern nachgewiesen. Die ersten  
 liegen häufig in der Adventitia der grossen Gefässe, die letzteren begleiten meist die Arterien.  
 — Die Harnröhre des Weibes hat eine Muskellage und Schleimhaut von dem eben  
 beschriebenen Bau. Die Schleimdrüsen ('LITTRÉ'schen Drüsen') sind meist etwas entwickelt-  
 als in der Blase und sondern ziemlich reichlich Schleim ab. Die männliche Harnröhre  
 besitzt dagegen ein geschichtetes Cylinderepithel, die unteren Schichten bestehen aus  
 runden oder ovalen Zellen. Die vordere Hälfte der MORGAGNI'schen Grube hat Papillen mit  
 Pflasterepithel. Auch hier finden sich LITTRÉ'sche Drüsen: schlauchförmig, gabelig getheilt,  
 gewunden, Schleim absondernd.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Urnieren. Die Absonderung der durch den  
 Stoffwechsel gebildeten chemischen Körper, welche bei dem erwachsenen Wirbelthiere vor-  
 zugsweise durch die Nieren erfolgt, wird bei dem sich bildenden Embryo, soweit sie nicht  
 in der Placenta statt hat, durch eine Drüse besorgt, welche sich in der Folge bei den ver-  
 schiedenen Abtheilungen der Wirbelthiere in verschiedener Weise an der Bildung der ver-  
 schiedenen Nieren und der Geschlechtsorgane betheiligt. Die Urnieren (Primordialnieren, OKEN'sche  
 oder WOLFF'sche Körper) treten nach den Untersuchungen von REMAK bei dem Hühnchen  
 schon in sehr früher Zeit auf, ihre Ausführungsgänge liegen (Fig. 45) unmittelbar unter der  
 Hornblatte in einer Lücke zwischen den Seitenplatten und Wirbeln, aus ersteren scheinen  
 sie sich zu entwickeln, ohne Betheiligung des Hornblatts oder Darmdrüsenblatts. Die Drüse  
 besteht jederseits aus einem an der unteren Seite der Urwirbel verlaufenden, nach aus-  
 sen zu gelegenen Ausführungsgang, mit welchem nach innen anfänglich kurze, quere, regelmässig  
 sich folgende Drüsenkanälchen in Verbindung stehen. Nach BISCHOFF werden die Urnieren  
 beim Säugethierembryo sichtbar, bevor die Allantois angelegt ist. Anfänglich erscheint die  
 Anlage solid. Wenn sich die Allantois bis zu einem gewissen Grade entwickelt hat, münden  
 die Urnierenorgänge mit zwei nahe aneinander gelegenen Oeffnungen in diese ein. Beim Hüh-  
 chen und bei den Reptilien 'Schlangen' münden sie in die Kloake. Mit dem Wachsthum der  
 Drüse verlängern und schlängeln sich die Seitencanälchen, und es treten mit ihnen die Blut-  
 gefässe, wie in den bleibenden Nieren, mit MALPIGHI'schen Knäueln in Verbindung.  
 Der Ureter der Batrachier ist zugleich Samenleiter. Bei den Forellen embryonen enden  
 die Wolff'schen Gänge zuerst blind am hinteren Leibesende, später erst durchbrechen sie  
 dieses, in eine blasenartige Anschwellung vereinigt. Schon vor der Bildung des Glomerulus  
 ist der Hohlraum der Gänge mit Krystallen harnsaurer Salze erfüllt, (cf. unten.) Der Glome-  
 rulus bildet zuerst einen einfachen, an der Aussenfläche mit Epithelien überkleideten, mit  
 Blutkörperchen erfüllten, durch einen engen Hals mit der Aorta zusammenhängenden Sack,  
 aus dem sich durch Einfaltung das Wundernetz des Glomerulus bildet (M. NUSSBAUM). Die  
 Urniere ist ein ziemlich bedeutendes, dickes, spindelförmig gestaltetes Organ, das zur Seite  
 des Mitteldarmganges in der Bauchhöhle liegt (Fig. 133a). An der vorderen äusseren Fläche  
 läuft der Ausführungsgang herab, in welchen die Seitencanälchen noch einzeln münden. In  
 der Folge werden mit bei den höheren Wirbelthieren die Urnieren im Wachsthum stillstehen  
 und mit Aussonderung der Excreta, die mit den Geschlechtsorganen in Verbindung treten, eine  
 Absonderung absondern. Sie severieren während ihrer Thätigkeit eine Art Harn, ein

ekret, in welchem **REMAX** Harnsäure fand, und das wahrscheinlich meist aus harntrou und harnsaurem Ammoniak besteht. Die Absonderung der Urnieren ergiesst in die **Allantois**, den Harnsack. Die alkalisch reagierende Allantoisflüssigkeit ist aber nur zum Theil ein Sekret dieser Drüsen, zum grösseren Theil ist sie wahrlich ein Transsudat aus den Gefässen der Allantois-LINNAE), sie enthält Eiweiss und nach **BEAUBERT** im Hühnchen findet sich in ihr Harnsäure, in einer eist auch Harnstoff, bei Säugethieren (Kühen) finden auch Harnstoff auch Allantoin, welches man an der saugender Kälber, der sauer reagiert, wie Harn der Omnivoren verhält, manchmal (SALKOWSKI) findet. An der Ent-ung der bleibenden Nieren und der harnrgane theilhaftig sich bei höheren Wirbelthieren: die Allantois. Diese hängt zunächst (S. 53)

Crachus mit der vorderen Mastdarmwand

Schon im zweiten Monat erweitert sich der, seinem unteren Theile zur Harnblase, die, spindelförmiger Gestalt, sich anfänglich noch Crachus (das spätere Ligamentum vesicae) nach oben mit der Allantois, nach unten durch den Gang mit dem Mastdarm vereinigt. Meist erst in der Fetalperiode schliesst sich der Urachus. Die Niere durch fortschreitende Erweiterung ihre bleibende Gestalt an. Die Niere entwickelt sich aus einer röhrenförmigen Anlage. Beim Hühnchen und dem Kaninchen sprossen diese (nach GÖTTE und GÖTTE) am Ende des 5. oder Anfang des 6. Tages, Ausführungsgang der Urnieren hervor, zunächst in die Kloake; bald trennt sie sich vom Mastdarm, so dass der Nierenkanal jederseits halb von ersterem in die Kloake mündet. Aus dieser Anlage entwickeln sich Harnleiter und Nierenkelche mit der Faserschicht eine compacte Drüse, aus dem Epithel der Nierenkelche aus bilden sich die Nierenkanäle, wie bei Lungen und den traubenförmigen Nieren als Zellensprossen als Anlage der Harnkanälchen, welche wuchern und sich verästeln. Ihre Enden durch eine enge S-förmige Krümmung, deren Krümmung sich in Form einer Kugelschale auszieht, die Bildung einer zelligen Scheide zu einem kugeligen Nierenknospe KÖLLIKER's, um. Diese Knospen trennen sie dieselben umwachsen, mit den sich entwickelnden MALPIGHI'schen Gefässen in Verbindung, und wandeln sich in die MALPIGHI-Körperchen um. Damit stimmen die Beobachtungen von BIDA und im Allgemeinen die Angaben von BIDA

an. Ueber die Bildung der Gefässknäuel cf. oben S. 568 NUSBAUM's Angaben. Bei den Embryonen der Säugethiere und des Menschen besteht die Niere aus einer Anzahl kleiner Lappen, Renticuli, welche nur durch die Zweige des Nierenbeckens (Nierenvennen) hängen. Beim Bären, der Fischotter, den Cetaceen bleiben die Renticuli bis zum ganzen Lebens getrennt, bei den anderen Säugethieren verwachsen sie, indem

Fig. 135.



Menschlicher Embryo von 25-28 Tagen (nach COERTZ) gestreckt und von vorn dargestellt nach Entfernung der vorderen Brust- und Bauchwand und eines Theiles des Darmes. 1. Auge; 2. Nasenöffnung; 3. Oberkieferfortsatz; 4. vereinigte Unterkieferfortsätze des ersten Kiemenbogens oder primitiver Unterkiefer; 5. zweiter, 6. dritter Kiemenbogen; Bulbus Aorta; 7. rechte und linke Kammer; 8. Vena umbilicalis; 9. Leber; 10. Darm; 11. Arteria omphalo-mesenterica; 12. Vena omphalo-mesenterica; 13. Wolff'sche Körper oder Urnieren; 14. Blastem der Geschlechtsdrüse; 15. Mesenterium; 16. Enddarm; 17. Arteria; 18. Mastdarmöffnung oder Öffnung der Kloake; 19. Schwanz; 20. vordere, 21. hintere Extremität.

jeder Reniculus eine Pyramide bildet. Die pyramidale Marksubstanz der Renticuli v der Corticalsubstanz wie von einer Mütze bis zu den Papillen überzogen.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die Urniere, welche Thieren, die während ihrer Entwicklung ein Amnion besitzen (Amnioten), nur in Embryonalperioden als Niere fungirt, spielt bei den Anamniota eine dauernde Rolle (BAUER). J. MÜLLER hat bei den Myxinoideen (Cyclostomen) den einfachsten, der Urn entsprechenden Bau der Wirbelthierniere entdeckt. Ein langer, jederseits durch die

Bauchhöhle reichender Ureter gibt in grossen Zwischen von Stelle zu Stelle ein ziemlich weites, abgeknüpfte Canälchen nach aussen ab, welches durch eine Verbindung zu einem blind endigenden Säckchen führt (Malp' Körperchen), in welchem sich je ein Glomerulus (Fig. 435). Bei der voluminöseren Petromyzonten einigen sich die Harnleiter zu einem unpaaren, weiten, schnitt, welcher, wie die gesonderten Harnleiter der Myxinoideen, zum Bauchporus verläuft. Die Nieren zeigen keine Unterscheidung von Rinden- und Marksubstanz, die Harncanälchen sind gewunden. Es kommen harthörnige Erweiterungen vor, entweder an einem unpaaren Verbindungsstück der Ureteren oder an jedem einzelnen Harnleiter. In den Larven der Batrachier zeigen sich die Harncanälchen zuerst als gestielte, auf dem Ureter aufsitzende Bläschen, bei den entwickelten Thieren (Fröschen) als Harncanälchen nach einer Uretersseite hinab und nach einem theils geraden, theils gewundenen Verlauf in eine gabelförmige Theilung am entgegengesetzten Harnleiter. Die Nieren der Reptilien und Vögel zeigen Lappen und zeigen auf ihrer Oberfläche eigenthümliche Ausbuchtungen, welche bei Vögeln an die Windungen der Harnleiter erinnern. Bei Schlangen und Schildkröten sind die Harnleiter in den am Innenrande der Nieren verlaufenden Nierenlappen entsprechend der Harnleiter, welche aus den Nierenlappen entspringen, zu

Fig. 436.



für die Harnausscheidung. Das Exkretionsorgan = Niere der Trematoden sondert ein ges oder krystallinisches Sekret ab, in welchem v. GORUP-BESANZ u. A. Guanin fanden. Insecten, Arachniden und Myriapoden fungiren die sogenannten MALPIGHI'schen Nieren theils als Nieren, theils als gallebereitende Drüsen (LEYDIG). Sie erscheinen als einfache oder verzweigte Canäle, die meist vielfach gewunden oder auch schleifenförmig am Darmcanal anliegen, in dessen letzten erweiterten Abschnitt sie münden. Die Malpighischen Gefässe secerniren die Harnkonkremente, neben ihnen vorkommende Gefässe secerniren die Galle. Bei einigen Insecten ist die verschiedene Function auf die verschiedenen Abschnitte eines und desselben Gefässes beschränkt. Bei den Krustenthieren sind die Harnorgane noch nicht sicher erkannt, v. SIEBOLD möchte die betreffende Function in Blinddarm und Mastdarm verlegen, welche an verschiedenen Stellen zwischen Pylorus und Mastdarm in den After münden. Bei den Mollusken entsprechen die Harnorgane den bei Würmern vorkommenden offenen Bildungen. Es sind Canäle, welche mit einer äusseren Oeffnung beginnen und nach längerem oder kürzerem Verlauf in der Leibeshöhle mit einer wimperbesetzten inneren Oeffnung münden. Durch zottenartige Fortsätze und mehrfache Faltungen erhalten sie einen cavernösen Bau, bei einigen: Ptero-, Hetero- und Cephalopoden sind diese Nieren cistiförmig. Die cavernösen Räume sind durch die Sekretionszellen ausgekleidet, welche bei Cephalopoden flimmern. Die Harnabscheidungen erscheinen als Körnchen, schalige Kugeln oder krystallinische Bildungen in den Sekretionszellen und zwar in eigenen Sekretionsräumen (H. MECKEL's Sekretionsbläschen). Solche Konkreme sind es, welche bei den Thieren die Exkretionsorgane überhaupt mit einiger Sicherheit erkennen lassen, der Zusammenhang dieser Konkretionen mit dem Harn der Wirbelthiere ist vielfältig noch unerforscht. Die Konkreme färben die Nieren weiss, gelb, oder wie bei *Paludina vivipara* (LEYDIG). — Im Hundeharn fand SALKOWSKI Allantoin nach Fleisch- und Fettfütterung. BAUMANN, STÄDELER, C. PREUSSE constatirten im Rinderharn Kresol (Ortho-, Para- und Mesokresol).

### Chemisch-physiologische Vorgänge in der Niere.

Die eigenthümlichen Lebenserscheinungen der Niere sind bisher noch wenig erforscht. Die specifische Zellenthätigkeit in der Niere zeugt das Vorkommen von Inosit und Creatin im Nierengewebe. Neben diesen finden wir auch hier Sarkin und Xanthin (CLOETTA, JER, NEUKOMM u. A.), auch Kreatin. Der Stoffwechsel des Nierengewebes wird vornehmlich charakterisirt durch die Bildung des schwefelhaltigen Cystins, das sonst in keinem Organ nachgewiesen ist. BECKMANN fand Leucin und Tyrosin in der Niere, das aber von JER und NEUKOMM nur in kranken Nieren, z. B. bei Choleraleichen, aufgefunden wurde. Harnstoff und Oxalsäure treten bei Morbus Brightii auf, bei Diabetes mellitus auch Zucker. Die structurlose Hülle der Harncanälchen zeigt, wie das Sarcolemma, eine hohe Resistenz gegen chemische Agentien, ähnlich der des elastischen Stoffes. In dem reichlichen Inhalte der Epithelzellen der Harncanälchen finden sich nach Fett- und Eiweissgenuss Fetttropfchen, wie solche von Einigen als ziemlich konstante Bestandtheile des Harns angenommen werden.

Im welchem Zusammenhange der chemische Bau der Niere zu ihrer Function steht, lässt sich bisher noch nicht näher enträthseln lassen. In neuester Zeit ist mehrfach die Vermuthung aufgestiegen, dass die Niere durch ihre specifische Thätigkeit Harnstoff aus Stoffen (besonders Kreatin), die ihr durch das Blut zugeführt würden, bildet. Mit dem Beweis dafür durch Ausschneiden von Nieren bei Hunden und Kaninchen wurde versucht und wollte nach diesen Operationen sehr wenig Harnstoff im Blute der operirten Thiere aufgefunden haben, weit weniger, als sonst bei Vorhandensein der Nieren in selber Zeit gebildet worden wäre; dagegen sei das Kreatin vorhanden. Man änderte den Versuch auch in der Art um, dass man die Nieren bestehen liess, nur die Harnleiter unterband, und so nur die Harnausscheidung unmöglich machte.

Dann sollte sich die normale Menge Harnstoff in den Geweben vorfinden, da eben die Nieren ihre Thätigkeit noch hatten fortsetzen können. Man hat sogar behauptet, dass frisches Nierengewebe, mit Kreatinlösung zusammengebracht, in dieser das Kreatin in Harnstoff umwandle. Den negativen Befunden, nach denen Harnstoff bei Thieren, bei denen die Nieren ausgeschnitten waren, mehr oder weniger vermindert gefunden oder sogar ganz vermehrt wurde, steht das positive Resultat von C. Vorr entscheidend gegenüber, welcher nach der Nierenausscheidung den Harnstoff in den Geweben ebenso vermehrt fand, wie nach der Harnleiterunterbindung, während er in Beziehung auf das Kreatin keine Veränderung in der Quantität erkennen konnte. Auch ROSENSTEIN suchte durch Versuche zu zeigen, dass sich die Niere an der Harnstoffbildung nicht betheilige. BUNGE und SCHMIEDEBERG fanden, dass in der ausgeschnittenen Niere, durch welche sie Blut mit Benzoesäure mit Glycocoll leiteten, aus diesen Substanzen Hippursäure gebildet wurde. (KÜHNE und HALLWACHS fanden bekanntlich bei der Hippursäurebildung die Leber vorwiegend betheiligt.)

Wir müssen die Nieren wie die Lungen vor Allem als Ausscheidungsorgane betrachten, welche einen Theil der Blutflüssigkeit — Wasser und die am leichtesten diffundirenden Stoffe — durch sich hindurchtreten lassen. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass ähnlich wie die Lunge an der Kohlensäureausscheidung auch die Niere an der Harnausscheidung aktiv betheiligt, indem sie vielleicht durch aktive Veränderung ihres Zellenchemismus den Diffusionsströmen den Weg durch ihre Zellenmembranen oder durch die Membranen der Kapillaren bahnt. Dass so Etwas in den Nieren stattfindet, vielleicht ebenso wie bei anderen Drüsen und im Muskelgewebe auch durch Säurebildung (die Nierensubstanz reagirt sauer, auch bei den Thieren, welche alkalischen Harn absondern), zeigt sich darin, dass aus der alkalisch reagirenden Blutflüssigkeit die saure Harnflüssigkeit hervortritt. Für die Betheiligung der Niere an der Harnbereitung spricht die Beobachtung Vorr's, dass bei Kreatinfütterung das Kreatin ebenso wie das, welches sich im alkalischen Blute findet, in den Nieren in Kreatinin sich umwandelt. Es erscheint das als eine Wirkung der sauren Nierenreaktion, da die gleiche Umwandlung auch im sauren Muskel behauptet wird und auch ausserhalb des Organismus durch saure Flüssigkeiten geschieht. Das Cystin und Taurin des Nierengewebes deuten, wie wir sahen, auf einen specifischen Nierenstoffwechsel. Inositol aber, der sich in der Niere findet, geht wohl, da er nicht im Harn auftritt, ähnlich wie der Zucker in der Leber in das durchströmende Blut über. Bei niederen Thieren und Vögeln finden wir feste Nierensekrete als Konkreme in den Nierenzellen sich anhäufen.

Nach Störungen in der Nierenthätigkeit findet sich wie nach Nierenausschneiden der Harnstoff im Blute und in den Organen vermehrt, wie aus den Befunden bei Choleraleichen, bei denen die Harnentleerung vor dem Tode ganz aufhörte, sowie bei Nierendegenerationen hervorgeht. Offenbar entledigt sich also bei seinem Durchgang durch die Nieren das arterielle Blut eines Theiles seines Harnstoffes, den wir als normalen Bestandtheil des Blutes kennen. Die Beobachtung PICARDS' scheint zu ergeben, dass sich in dem venösen Nierenblute weniger Harnstoff nachweisen lasse, als in dem arteriellen.

Die Blutveränderungen in der absondernden Niere zeigen die gleichen Verhältnisse, wie bei allen arbeitenden Drüsen (cf. oben S. 263). Das Blut, welches das ruhende Organ durchströmt, wird dunkel venös gefärbt und ist stark faserstoffhaltig. Dagegen fand BERNARD das Venenblut der absondernden Niere hellroth, dem arteriellen ähnlich, fast oder vollkommen faserstofffrei; dabei soll es mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure enthalten als dunkles venöses Blut. Bei gleicher Dichtigkeit verhalten sich nach BERNARD'S Versuchen die Gasvolumina in den uns hier interessirenden Blutarten

Arteria renalis:		Vena renalis	
		hellroth:	dunkelroth:
O	49,4	47,2	6,4
CO <sub>2</sub>	3,0	3,43	6,4

Durch die Reizung der Gefässnerven, wodurch sich die Gefässlumina verengern, die Widerstände gegen die Blutströmung also zunehmen, wird das Venenblut dunkelroth. Der Augen-



es ergibt, dass während der Thätigkeit des Organes die Blutmenge, welche dasselbe durchströmt, sehr bedeutend vermehrt ist. In der Niere des lebenden Kaninchens befinden sich für gewöhnlich etwa 20% der Gesamtblutmenge (J. RANKE).

### Die physikalischen Bedingungen der Harnausscheidung.

Die Harnausscheidung ist theils eine Folge der Lebensthätigkeit der Nierenepithelien: eine wahre Sekretion, theils eine Folge der eigenthümlichen Blutdruckverhältnisse in den Nierengefässen, namentlich in denen der Glomeruli: physiologische Filtration. Die Ausscheidung des Harnstoffs und der übrigen organischen Harnbestandtheile erfolgt, wie es scheint, vorzugsweise durch die Nierenepithelien, während die normale Wasserausscheidung vorwiegend den osmotischen Vorgängen in den Glomerulis zufällt.

Die Beobachtungen haben ergeben, dass durch eine allgemeine Steigerung des Blutdruckes in dem Blutgefässsysteme, wie sie z. B. durch gesteigerte Wasseraufnahme in der Nahrung erzielt wird, die Harnabsonderung vermehrt werden kann. Es spricht das dafür, dass die Harnabsonderung überhaupt ihr Zustandekommen zunächst den Druckverhältnissen im Blutgefässsysteme, die ja in den Nieren so eigenthümlicher Art sind, verdanke. In den Harncanälchen herrscht wohl stets ein geringerer Druck, als in den zuführenden Arterien der Glomeruli, in denen er noch durch die geringere Weite der abführenden Arterien im Vergleich mit den zuführenden, und durch die Zerspaltung gleichsam in zwei bedeutende Widerstände einführende Kapillarsysteme (KÖLLIKER) gesteigert ist. Auch die anatomische Anordnung der Glomeruligefässe selbst trägt

LUDWIG'S Meinung zur Drucksteigerung bei, in Folge deren der diffusionsfähige Theil der Blutflüssigkeit durch die Kapillärwände der Glomeruli durchgelassen wird. Für Eiweiss und Fette finden wir die Wände zahlreicher Kapillarsysteme im thierischen Körper undurchgängig, auch durch die Wände der Glomeruligefässe treten diese Stoffe nicht hindurch. Nach HEYNSIUS spielt hier die Säure des Nierengewebes eine Rolle. Eiweiss, welches verhältnissmässig leicht in destillirtes Wasser eintritt, diffundirt in angesäuertes Wasser oder in Harn kaum herein. Es wäre also die schwach saure Reaktion des Harnes, welche den Uebergang des Eiweisses in die Harncanälchen hindert. Dass Fett nicht feuchte Membranen nicht durchdringt, wissen wir aus den Untersuchungen der Fettresorption im Darne. Die Flüssigkeit, welche aus dem Blute durch die Membranen der Glomeruligefässe in die Harncanälchen hereintritt, ist also Blutflüssigkeit, der die Eiweissstoffe und Fette fehlen. Woher kommt es, dass aus dem alkalischen Blut saurer Harn abgesondert wird? MALTZ machte über diese Frage entscheidende Versuche, welche den Diffusionsvorgang selbst dafür verantwortlich erscheinen lassen. Wenn er den Blutdruck analog neutrales (alkalisch reagirendes) phosphorsaures Natron und saures phosphorsaures Natron in destillirtes Wasser durch Pergamentpapier oder thierische Membranen diffundiren liess, so ging stets relativ mehr Phosphorsäure als Natron in das Wasser über, so dass die Aussenflüssigkeit bald sauer wurde, während die Innenflüssigkeit alkalisch blieb. Den gleichen Erfolg zeigten Diffusionsversuche mit hippursauem Natron und freier Hippursäure. Der alkalische Harn der Pflanzenfresser erklärt sich nach MALTZ dadurch, dass

dieser aus einem alkalireicheren und säureärmeren Blut als bei den Menschen und Fleischfressern entsteht. Der Menschenharn wird ebenfalls alkalisch, wenn viel Magensaft abgesondert, d. h. viel Säure dem Blut entzogen wird.

Die Harnflüssigkeit tritt in den gewundenen Harncanälchen, die von einem reichen Kapillarnetze umspunnen werden, in Diffusionsverkehr mit dem Blute, wodurch die Harnausscheidung concentrirter gewordenen Blute und erleidet dadurch noch weitere Veränderungen, die sie zum Harn machen. Diese Hypothese (Wiegmann) lässt manche Eigenthümlichkeiten des Harnes, besonders die verschiedene Concentration desselben an Salzen im Vergleiche mit dem Blute unaufgeklärt, doch gibt sie uns im Allgemeinen ein verständliches Bild. Die verschiedene Concentration an Salzen im Harn und Blute rührt wohl zunächst davon her, dass die Salze, welche wir in der Blutmasse finden, im Blute selbst zum Theil nicht frei vorhanden sind. Ein Theil derselben ist an schwer oder nicht osmotisch wirkende organische Verbindungen (Eiweiss etc.) geknüpft. Ein anderer Theil der Salze dagegen scheint durch den Verbrauch der organischen Stoffe, denen sie verbunden waren, frei im Blute enthalten zu sein. Nur dieser letztere Antheil kann durch den Filtrations- und Diffusionsstrom direct ausgeschieden werden.

Von den Gasen des Blutes gibt nur der einfach diffundirte Antheil einen kleinen Procente an den Harn ab. Der an die Blutkörperchen gebundene Sauerstoff geht, eben so wenig wie die Blutkörperchen selbst, in den Harn über. Wir verdanken PLANER Untersuchungen der Harn-gase. Normaler Harn enthält im Mittel:

in 100 Harn:	Stickstoff . . . . .	0,820	bei 0° und
- - -	Sauerstoff . . . . .	0,048	0,76 m Druck
- - -	freie Kohlensäure . . .	4,729	
- - -	gebundene - . . . .	3,066	

Durch Muskelbewegung und andere Vorgänge, welche den Kohlensäuregehalt des Blutes steigern, steigt auch der Kohlensäuregehalt des Harnes. Der Harn hat nach PLANER etwa dasselbe Absorptionsvermögen für die beiden Gase wie Blut und Wasser. Die freie Kohlensäure des Harnes wächst mit der des Blutes in der Verdauung.

Alle Momente, welche den Druck in den Glomerulis vermehren, steigern nach den vorliegenden Beobachtungen die Menge des ausgeschiedenen Harnes. Wie schon angeführt, wirkt hierin reichliches Wassertrinken sehr rasch den Druck im gesammten Gefässsystem vermehrt, am meisten in den Nieren. Die Steigerung der Harnabsonderung ist nach Genuss von Getränken so rasche, dass eine frühere Zeit directe »geheime Wege« zwischen Magen und Harnblase zur Erklärung annehmen zu müssen glaubte. KOLOMAN MÜLLER im Laboratorium CL. BERNARD's durch Versuche an grossen Hunden den Einfluss der Hautthätigkeit auf die Harnabsonderung studirt. Erkältung der Haut (durch eiskalte Umschläge und Uebergiessungen) hatte, wie sich erwarten liess, eine Vermehrung, Erwärmung der Haut nach analoger Methode eine Verminderung der Harnabsonderung im Gefolge. Durch ausgedehnte Muskelkrämpfe, Verschluss grosser Arterien, durch Kälte, welche das Blut von der Haut zu den inneren Organen treibt, wird der Druck in der Nierenarterie erhöht. Wenn die krampfhaften Muskelthätigkeit selbst ist die Harnabsonderung aber v

st, die Steigerung tritt erst nach dem Nachlassen derselben ein (J. RANKE). Auch rein nervöse Einflüsse, z. B. gewisse Hirnverletzungen an der Basis des vierten Ventrikels, können sich hierin geltend machen. Hierher sind auch die Einflüsse der Gemüthsbewegungen und mancher Nervenkrankheiten zu rechnen. Eine gesteigerte Thätigkeit des Herzens steigert den Druck im Arteriensysteme. Auch die Reizung der Nerven der Niere können die Arterien verengert, durch eine Paralyse dagegen erweitert und die Widerstände dadurch verändert werden. Die Concentration des Blutes an den in die Harncanälchen ergossenen, gelösten Stoffen wird die Stärke der Diffusionserscheinungen in den gewundenen Canälchen reguliren und damit auch die Harnmenge und die Menge der im Harn enthaltenen Stoffe vermehren oder vermindern. Alles, was den Blutdruck in den Glomerulis vermindert, vermindert auch die Harnsekretion. Dagegen wirkt mangelnde oder zu geringe Wasseraufnahme vermindern. Ebenso eine Schwächung der Herzthätigkeit bei Herzleiden, vor Allem Blutverluste (J. RANKE), welche die Harnausscheidung bald ganz sistiren können. Von Nerveninflüssen auf die Nierenthätigkeit ist, wie oben erwähnt, zunächst ein vasomotorischer nachgewiesen, welcher durch Lumenveränderung in den Nierenkanälen die Druckverhältnisse in den Glomerulis regeln kann. Nach BERNARD steigert Vagusreizung den Blutzufluss zur Niere, die Vene schwillt an, ihr Blut wird dunkler, karmoisinroth. Umgekehrt fand er den Erfolg bei Reizung des Symplicus major. SCHATZ und E. WENDT finden, dass eine Steigerung des abdominalen Druckes — die sich schon durch gewisse Veränderungen in der Körperstellung herstellen lässt, — die Harnabsonderung vermindere u. v. v. Wahrscheinlich ist das eine Folge eines gesteigerten Druckes auf die Nieren, wodurch nach LUDWIG die Harnabsonderung vermindert werden soll.

Das beständig abgesonderte und nachrückende Sekret scheint der Grund, warum der Harn aus den gewundenen in die gestreckten Canälchen und aus diesen in das Nierenbecken gelangt. Ein Rücktritt in die Papillenöffnung ist unmöglich, da ein gesteigerter Druck im Nierenbecken die Mündungen der Harncanäle an der Papille zusammenpressen muss. Auch in den Harnleitern wird der Harn durch die Schwere und den Druck des beständig abgesonderten, von hinten her nachrückenden Harnes bewegt. Dabei sind peristaltische, nach REHMANN automatisch erregte Contractionen ihrer Muskelwände mit thätig. Die Einpressung des Harns in die Blase ist daher keine stetige, sondern eine in einem gewissen Rhythmus erfolgende. Dieser Rhythmus wird durch Aufnahme von viel Flüssigkeit in das Blut beschleunigt, durch Mangel an Getränk verlangsamt.

In der Blase ist ein ähnlich einfacher Verschluss für die Harnleitermündungen vorhanden, wie in den Nierenbecken für die Harncanälchen. Die Harnleiter durchbohren die Blasenwand schief; jede gesteigerte Ausdehnung der Blase, welche die Flüssigkeit durchzupressen strebt, presst daher die Ureterenmündungen zusammen. Die Elasticität der Prostata beim Manne, sowie der muskulöse Sphincter vesicae, der, durch die Elasticität elastischer Faserringe unterstützt wird, hindern den unwillkürlichen Harnaustritt aus der Blase. Die Spannung der gefüllten Blase erregt den Drang zum Harnlassen, der durch die in die Harnröhre gelangten Urintropfen gesteigert wird. Das Harnlassen wird durch die Bauchpresse eingeleitet, durch starke reflektorische Con-

tractionen der Blasenwand (*Detrusor urinae*) vollendet. Die Contracturen der Blasenwände können das Blasenlumen vollkommen verschliessen, sie werden durch den sensiblen Reiz hervorgerufen, welchen der auf die Blasen-schleimhaut gelangende Harn ausübt. Die Muskeln, welche die Harnentleerung bewirken (namentlich *Bulbocavernosus*), pressen die Flüssigkeit aus der Blase. Der Verschluss des Blasenringmuskels soll ein tonischer, also durch fortwährenden Nerveneinfluss hervorgerufen sein (HEIDENHAIN u. A.). Andererseits kann auch ein tonischer Contractionszustand z. B. v. WITTICH) oder das Vorhandensein des Blasensphincters selbst (BARKOW).

Der Sphincter vesicae wird durch die Contractionen der Blase mit eröffnet. Er ist mit jenen Längsmuskelbündeln der Blase in directer Verbindung und Abhängigkeit, welche zur Prostata und Urethra ziehen. Den Druck in der Harnblase hat P. DUBOIS zu 13—15 cm Wasser fast gleichbleibend bei verschiedenem Alter und Geschlecht gefunden.

Die Blasenerven verfolgen ihren Weg in den Lendentheil des Rückenmarks, bis zum Gehirn. Bei Rückenmarksdegeneration stellt sich häufig Lähmung der Blasenmuskeln und dadurch Harnverhaltung. Die peristaltischen Contractionen der Ureteren verlaufen beim Kaninchen mit einer Geschwindigkeit von 20—30 mm in der Secunde gegen die Blase zu (ENGELMANN). Im Leben werden sie an dem Ursprung durch den Reiz des eindringenden Harns reflektorisch hervorgerufen. Auch können sie durch Reflexe hervorgerufen werden, welche dann von der gereizten Stelle aus sich nach oben fortpflanzen. ENGELMANN sah die Contractionen auch an Creterstücken ablaufen, wo keine Nerven und Ganglien auffinden konnte. ENGELMANN denkt zur Erklärung dieser Erscheinungen an muskuläre Contractionen und Fortpflanzung des Reizzustandes durch Muskelzellen.

Der Inhalt der Harnblase steht in Diffusionsaustausch mit der umgebenden Wandung strömenden Flüssigkeiten Blut und Lymphe. Concentrirter Harn entzieht letzteren Wasser und gibt an sie Harnstoff ab, so dass in Blut und Lymphe gefundener Harnstoff zum Theil durch Diffusion aus den Harnwegen in die Säfte gelangt sein kann.

### Die Chemie des Harns.

Im Harnstoff verlässt fast die gesamte, der Zersetzung der stickstoffhaltigen Eiweissstoffe, der Albuminate, entstammende Ammoniakmenge den Organismus. Bei Ausschaltung der Nierenthätigkeit Harnstoff in Blut und Geweben sich anzuhaufen, ist nicht speciell die Niere, seine Bildungsstätte sein. Es gelang, Harnstoff aus dem Gewebssaft der Leber, Milz und Lymphdrüsen, neuerdings PICARD auch aus dem Harn zu gewinnen und seine Anwesenheit in sehr geringer Menge im Centralnervensystem scheinlich zu machen. Harnstoff scheint darnach im Stoffumsatz wahrscheinlich in den Organen zu entstehen, und von ihnen aus in das Blut zu gelangen. Hierbei ist anzunehmen, dass auch im normalen Leben nach der oben angeführten Beobachtung ein Theil des im Blut und vielleicht auch in den Organen sich findenden Harnstoffs durch Diffusion aus dem Harn der Harnblase in die Säftemenge zurückgetreten ist. Es gelingt, Harnstoff künstlich aus cyansaurem Ammoniak (cf. S. 88) und durch Abspaltung des Wassers aus kohlensaurem Ammoniak herzustellen, dagegen ist bis jetzt Harnstoff direct durch irgend eine Eiweisszersetzung zu gewinnen vergeblich geblieben. Man neigt sich gegenwärtig die allgemeine Ansicht dahin, dass auch im Organismus Harnstoff nicht direct Harnstoff entstehe, sondern dass sich die Eiweissstoffe im Organismus zunächst in die gasförmigen oder analogen Spaltungsprodukte zerlegen, welche innerhalb des Organismus, und dass erst aus diesen, soweit sie stickstoffhaltig sind, Harnstoff entsteht. Werfen wir mit Rücksicht auf diese Meinung, einen Blick auf die bei den verschiedenen Zersetzungen der «Eiweisskörper». Bei der Behandlung der Eiweisskörper



mit Alkalien bilden sich: Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure und Ammoniak (LASIWETZ und HABERMANN), bei der des Glutins bildet sich Glycin (Glycocoll). Die gleichen entstehen aus Eiweiss durch Wirkung des pankreatischen Ferments, sowie bei der Keimung der Samen, hier an Stelle der Asparaginsäure, Asparagin. Erhitzt man Eiweissstoffe unter starkem Druck mit Aetzbaryt, so bilden sich noch ausserdem Butalanin, Amidovaleriansäure, Amidoönanthylsäure, Glutimininsäure, Leucein, Glycoprotein, Oxalsäure und Schwefelhydroxyd, dabei entwickelt sich Ammoniak und Kohlensäure in demselben Verhältnisse 2 : 1, bei der Zersetzung des Harnstoffs (P. SCHÜTZENBERGER). Durch Oxydation mittels Braunstein und Schwefelsäure entstehen aus den Eiweissstoffen neben Ammoniak und flüchtigen organischen Basen Ameisen-, Essig-, Propion-, Butter-, Capron- und Benzoësäure, und die Aldehyde der vier letztgenannten Säuren. Bei Einwirkung von Salpetersäure tritt auf: Oxalsäure, Kleesäure, Xanthoproteinsäure, von Königswasser: neben Oxalsäure Fumarsäure und Urazol. Erhitzen mit Wasser (und Säuren) unter hohem Druck verwandelt die Eiweissstoffe zunächst in Peptone, dann entstehen Leucin, Tyrosin u. a. (LUBAVIN). Bei Fäulniss und gewissen Gährungen entsteht aus Albuminaten Indol. Für unsere Frage kommen nur die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte in Betracht. O. SCHULTZEN und NENCKI haben den Nachweis geliefert, dass von diesen Leucin und Glycin, vielleicht auch Tyrosin, (KNIERIEM) dass auch Asparaginsäure und Asparagin im animalen Organismus in Harnstoff umgewandelt werden, also auch als Vorstufen der Harnstoffbildung im Organismus anzusprechen sind. Aber auch Ammoniak resp. kohlensaures Ammoniak geht, wie die Experimente mit Sicherheit zu zeigen scheinen, im Organismus in Harnstoff über, so dass darnach auch das bei der Zersetzung der Albuminate auftretende Ammoniak als Vorstufe der Harnstoffbildung erscheint. KNIERIEM sah bei Kaninchen, die er mit Salmiak gefüttert hatte, das eingeführte Ammoniak in Harnstoff wieder erscheinen. SALKOWSKI bestätigte diese Entdeckung für Kaninchen. Bei Menschen gelingt dieser Nachweis nicht so leicht (FEDER, SALKOWSKI); bei ihnen trübt die mit kohlensaurem Ammoniak im Salmiak eingeführte Salzsäure das Versuchsergebniss, da Säuren in der Nahrung die Ammoniakausscheidung im Harn der Hunde beträchtlich steigern (SALKOWSKI A.). Dagegen fand SCHMIEDEBERG, was von HALLERVORDEN vollkommen bestätigt wurde, dass in der Nahrung zugeführtes kohlensaures Ammoniak im Hundekörper fast vollkommen in Harnstoff umgebildet wird; und W. SCHROEDER beobachtete, dass Hühner ameisensaures und anderthalbkohlensaures Ammoniak (von letzterem 84% des gegebenen Ammoniaks) in Harnsäure umwandeln. Wir erinnern hier an die von JAFFE und MAYER angestellten Untersuchungen über Umwandlung von Harnstoff in Harnsäure im Vogelorganismus. SALKOWSKI fasst die neugewonnenen Thatsachen über Harnstoffbildung im animalen Organismus zusammen.

## Organische Harnbestandtheile.

**Harnstoff.** Unter den Stoffen, welche durch den Harn den Organismus verlassen, steht an Wichtigkeit der Harnstoff obenan. Er ist, wie die Kohlensäure, ein gefährliches Gift für den Organismus. Seine Ausscheidung ist für den Fortgang des Lebens eine Nothwendigkeit, weil, in grösseren Quantitäten im Blut und in den Organen angehäuft, schliesslich vom Gehirn eine Lähmung des gesammten Reflexmechanismus des Rückenmarks und den Tod hervorgerufen werden vermag. 1) Gewisse Amidosauren treten nach ihrer Einführung in den Darm in der Form von Uramidosäuren im Harn auf. 2) Gewisse andere Amidosauren, die als Spaltprodukte des Eiweiss bekannt sind — Glycin, Leucin, Asparaginsäure — geben bei Fütterung Harnstoff. 3) Nach Fütterung mit Ammoniaksalzen findet sich der grösste Theil des Stickstoffs neben als Harnstoff im Harn. 4) Bei der Oxydation von Glycin, Leucin etc. in alkalischer Lösung ausserhalb des Körpers bildet sich die Carbaminsäure, und diese findet sich auch als Salz im Blut. Nach SALKOWSKI wäre der Vorgang bei der Harnstoffbildung mit Zufuhr von Ammoniak so aufzufassen, dass 2 Cyansäuremoleküle sich mit 2 Ammoniak zu 2 Harnstoff



verbinden:  $(\text{CONH})_2 + 2\text{NH}_3 = \text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{Bmatrix} + \text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{Bmatrix}$ . Nach DRESCHEL ist der Vorgang Harnstoffbildung im Organismus folgender: das Eiweiss zerfällt in Leucin, Tyrosin etc., die werden oxydirt, bilden carbaminsaures Natron; letzteres zerfällt — vielleicht durch ein Ferment — unter Wirkung von 2 Molekül Natron in Harnstoff und kohlensaures Natron. S. KOWSKI denkt auch hier an eine Betheiligung der Cyansäure. SCHMIEDEBERG'S UND KNIER'S Ansicht ist einfacher und dadurch ansprechender, sie glauben, dass kohlensaures Ammonium direct durch Wasserabspaltung in Harnstoff sich umwandle.

In 24 Stunden scheidet ein Erwachsener etwa 30 — 40 Gramm Harnstoff bei gemischter reichlicher Nahrung aus. Ist die Nahrung gerade hinreichend, den täglichen Verlust an Körperstoffen zu decken, so wird in 24 Stunden im Harnstoff so viel Stickstoff ausgeschieden, als in der Nahrung zugeführt und verdaut wurde. Diese von VOIT und BISCHOFF am Fleischfresser und an Vögeln, von HENNEBERG für das Rind gewonnene Thatsache konnte ich auch für den gesunden Menschen erweisen.

Die Harnstoffausscheidung hat man vielfach nach Geschlecht, Alter, Körpergewicht, äusseren Lebensbedingungen, Temperatur etc. schwanken sehen; betrachtet man die Verhältnisse näher, so ergibt sich aber, dass der Hauptregulator für die Harnstoffausscheidung die Ernährungsweise ist. Während bei länger dauerndem Hunger die Harnstoffausscheidung endlich auf eine untere Minimalgrenze herabsinkt, bei der nur einige Gramm täglich ausgeschieden werden, kann bei krankhaft gesteigertem Hunger und dem entsprechenden Nahrungsaufnahme, wie z. B. im Diabetes (Zuckerharnruhr), die täglich ausgeschiedene Harnstoffmenge 400 Gramm und mehr erreichen.

Die geringsten Mengen von Harnstoff sah ich bei meinen an der eigenen Person angestellten Ernährungsversuchen (cf. oben S. 222), am zweiten Hungertage: 17,02 Gramm bei stickstofffreier Nahrung: 17,0 Gramm in 24 Stunden. Bei krankhaft lange Zeit fortgesetzter, fast vollkommener Inanition sah SEEGEN die 24stündige Harnstoffmenge eines erwachsenen Weibes auf 6,4 Gramm sinken. Bei reiner Fleischnahrung fand ich die grösste Menge 86,3 Gramm in 24 Stunden. Meine Minimalzahl verhält sich zur Maximalzahl wie 1 : 5. Aus meinen Untersuchungen am Menschen ergeben sich, entsprechend den von BISCHOFF und VOIT am Fleischfresser gewonnenen Resultaten, folgende Sätze für die Abhängigkeit der Harnstoffausscheidung von der Nahrungseinnahme. 1) Bei vollkommen gleicher Stickstoffzufuhr in der Nahrung während mehrerer Versuchstage findet anfangs eine wechselnde Harnstoffausscheidung statt, erst nach einigen Tagen wird letztere ziemlich gleichmässig. Dann ist die im Harnstoff ausgeschiedene Stickstoffmenge der in der Nahrung zugeführten gleich. 2) Im Hunger wird das Minimum von Harnstoff ausgeschieden, das ist in den ersten Hungertagen die ausgeschiedene Harnstoffmenge verschieden nach dem Hunger vorausgegangenen Ernährungsweise. 3) Durch Nahrungszufuhr allein, abgesehen von ihrer Zusammensetzung, wird die Harnstoffausscheidung nicht gesteigert. Bei rein stickstofffreier Kost sinkt die Harnstoffmenge auf und selbst unter das bei Hunger beobachtete Minimum. 4) Steigerung der Stickstoffzufuhr in der Nahrung steigert die Harnstoffausscheidung. Doch steht wenigstens während der ersten 24 Beobachtungsstunden die Steigerung der Ausscheidung nicht in einem directen Verhältnisse zur Steigerung der Zufuhr. 5) Steigerung der Stickstoffzufuhr vermehrt nicht nur am betreffenden, sondern auch noch am folgenden Tage die Harnstoffausscheidung; Hunger bewirkt umgekehrt noch für den folgenden Tag eine Minderung. — Ausser diesen Einflüssen auf die normale Harnstoffausscheidung sehen wir allem auch noch die Blutmenge und die Wasseraufnahme in der Nahrung für die Quantität derselben von Einfluss. Gesteigertes Wassertrinken mehrt die Harnstoffausscheidung (GENTH u. A.); das Gleiche wurde mehrfach für die Zufuhr von Kochsalz (BISCHOFF, KAUPP, VOIT u. A.) behauptet. Eine Reihe älterer Angaben über Vermehrung oder Verminderung der Harnstoffabgabe wurde von VOIT als irrig widerlegt: so die viel gemachte Behauptung, dass Muskelanstrengung die 24stündige Harnstoffausscheidung der geleisteten Arbeit entsprechend mehre, oder dass Kaffeegenuss dieselbe herabsetze.

Die Harnstoffausscheidung während der verschiedenen Tagesstunden steht unter dem Ein-  
 der Nahrungsaufnahme, sie steigt während der Verdauungsperiode bedeutend, um dann  
 zu sinken. Soviel Mahlzeiten, soviel Erhebungen zeigt die Curve der Harnstoffausschei-  
 auf die Zeit bezogen. Ebenso ist es bei der Wasserausscheidung im Verhältniss zum  
 enen Getränke. Auch bei dem hungernden Individuum zeigen sich Schwankungen,  
 ch nur aus inneren Schwankungen der organischen Vorgänge im Körper während des  
 erklären lassen. Gegen Nachmittag erreicht die Harnstoffausscheidung hierbei ein  
 um (BECKER). Von Morgens an beginnt sie aber zuerst konstant zu sinken (C. VORR,  
 KE). Die Erklärungen für diese Angaben ergeben sich aus den Gesetzen der Ernährung.  
 Die Harnsäure wird in sehr viel geringeren Mengen ausgeschieden, als der Harnstoff, bei  
 erwachsenen etwa 0,5 Gramm im Tage. Im Uebrigen zeigt sie eine merkwürdige Ueber-  
 nmung mit dem Harnstoffe in ihren Ausscheidungsverhältnissen, wie LEMANN, HEINRICH  
 und ich gezeigt haben. Die Ausscheidung der Harnsäure ist am geringsten bei Hunger  
 ei stickstoffloser Nahrung (Zucker). Sie steigt bei Pflanzenkost und ist bei Fleischnah-  
 m bedeutendsten. Ich fand, dass normal die Harnsäureausscheidung in einem bestimm-  
 Verhältnisse stehe zur Harnstoffausscheidung: beide Stoffe werden in einer bestimm-  
 roportion ausgeschieden, und zwar ist, wenn die ausgeschiedene Harnsäuremenge = 1  
 t wird, im Mittel das Harnsäure-Harnstoff-Verhältniss = 1 : 45. Die Schwankungen  
 täglichen Ausscheidungsgrösse sind also denen der Harnstoffausscheidung kongruent.  
 ringste Menge während 24 Stunden beobachtete ich bei Hunger: 0,24 Gramm, die  
 e bei übermässiger Fleischnahrung 2,14 Gramm! eine vor mir am Gesunden noch nie-  
 beobachtete Quantität. HEINRICH RANKE fand bei Fleischnahrung in 24 Stunden etwa 0,9  
 n, ich im Durchschnitt bei vorwaltender Fleischkost 1 Gramm, bei gemischter wie  
 CH RANKE 0,7 Gramm. Man hat früher ein Wechselverhältniss zwischen Harnsäure-  
 larnstoffausscheidung in der Art angenommen, dass, da die Harnsäure ein niederes  
 tionsprodukt der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile sei, sie dann in gesteigertem  
 e auftrete, wenn die Oxydationsbedingungen im Organismus gestört seien, der Harnstoff  
 an entsprechend vermindert. Die von mir beobachtete Proportionalität der Harnsäure-  
 arnstoffausscheidung sprechen, wie es scheint, nicht für diese Annahme, wenn auch  
 emie eine Bildung von Harnstoff aus Harnsäure als möglich lehrt. Gefütterte Harn-  
 erscheint als Harnstoff im Harne.

reatin und Kreatinin kommen im Menschenharne etwa in denselben Mengenverhältnissen  
 e Harnsäure, etwa 0,7 Gramm bis 1 Gramm in 24 Stunden. Auch ihre Menge schwankt  
 m Stickstoffgehalte der Nahrung wohl in analoger Weise wie die Harnsäure.

ie Hippursäure (MEISSNER und SHEPARD) ist im Harne der Pflanzenfresser in ziemlich  
 tenden Mengen enthalten; auch im menschlichen Harne scheint sie vielleicht nie-  
 ganz zu fehlen, bei vorwiegender Fleischdiät entzieht sie sich aber der Beobachtung  
 0/0). Im Harne der Fleischfresser kommt sie stets in ähnlich geringer Menge vor. Durch  
 s von Vegetabilien und von Benzoësäure, die sich ausserhalb wie im Organismus mit  
 zur Hippursäure verbindet (cf. S. 83), können wir den Hippursäuregehalt des Harns  
 nd.

urch Säuren und Alkalien, sowie unter Einwirkung der Gährung, z. B. im faulenden  
 zerfällt die Hippursäure in Benzoësäure und Glycin. KÜHNE und HALLWACHS behauptete-  
 ass die Paarung des Glycins mit der Benzoësäure im Blute vor sich gehe, und dass dazu  
 lycin der Glycocholsäure, das in der Leber entsteht, verwendet wird. MEISSNER und  
 and konnten dagegen im Blute der Pflanzenfresser keine Hippursäure auffinden, auch  
 sie im Harn reichlich enthalten war. Sie behaupten daher, dass sich die Hippursäure  
 n den Nieren bilde. In der Cuticularschicht der Pflanzen findet sich ein Stoff, welcher  
 anzenfressern verdaut werden kann, obwohl er chemisch unlöslich ist, aus welchem  
 rsäure entsteht. Die inneren Pflanzentheile in den Wurzeln z. B. enthalten diesen Stoff

Dieser Stoff der Cuticula hat in seiner Zusammensetzung einige Aehnlichkeit mit der  
 mtsäure, aus der ebenfalls Hippursäure im Organismus entsteht.

Ueber Cystin cf. unten S. 608 und 608.

Kryptophansäure (J. L. W. THUDICHUM)  $C_{10}H_{18}N_2O_{10}$ .

MEISSNER und JOLLY konnten auch Bernsteinsäure im Harne nachweisen, ebenfalls nur in minimalen Mengen.

Zucker zeigt sich nach BRÜCKE im Harne in äusserst geringen Spuren normal, ebenso Gallensäuren nach DRAGENDORF und JOH. HÖNE.

Die Harnfarbstoffe sind verschieden (cf. S. 88); die Harnfarbe wechselt normal von roth gelb, krankhaft: grün, blau, braun und schwarz.

Ausser diesen Stoffen werden noch Extraktivstoffe beschrieben, ein Gemisch noch unbestimmter chemischer Materien.

NEUBAUER fand stets Spuren von Ammoniak im frischen Harne. Der Ammoniakgehalt des Harns ist in neuerer Zeit vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, vorzüglich wegen der nahen Beziehung des Ammoniaks zur Harnstoffbildung (cf. oben S. 576, 577). Unorganische Säuren vermehren beim Fleischfresser den Ammoniakgehalt des Harns (SCHMIEDEBERG u. WALTER), ebenso die Fleischnahrung, da aus dem Fleisch saure Produkte gebildet werden; umgekehrt sinkt der Ammoniakgehalt des Harns durch fixe Alkalien (E. HALLERVORDE).

Weiteres cf. bei Harnanalyse S. 586.

Anorganische Harnbestandtheile.

Chlor. Die Kochsalzausscheidung in 24 Stunden schwankt bei gewöhnlichen Verhältnissen zwischen 13 und 23 Gramm. Auch wenn das Chlor in der Nahrung des Menschen vollkommen ausgeschlossen war, blieb nach den Untersuchungen von WUNDT der Harn des Menschen noch chlorhaltig. Am 5. Tage des Versuchs erschien aber zum Beweise, wie bedeutend die Störung in der Harnausscheidung durch den Kochsalzhunger ist, Eiweiss im Harne. Die Ausscheidung des Chlors richtet sich in ihren quantitativen Verhältnissen vor Allem nach der Aufnahme desselben in die Nahrung, so dass man von einem Normalgehalt des Harns an Kochsalz nicht sprechen kann. Bei kochsalzfreier Nahrung hält der Organismus im Blut und in den Geweben hartnäckig Kochsalz zurück (VOIT). S. L. SCHENK fand bei kochsalzfreier Kost bei Kaninchen bis zum 4. Tage eine Abnahme des Chlorgehaltes des Blutes; in den folgenden Tagen wieder ein Ansteigen bis etwa zur normalen Höhe. In meinen an mir selbst angestellten Beobachtungen schwankte die Kochsalzmenge im Harn von 4,83—34 Gramm, nach KAUPP nur bis 27,8 Gramm in 24 Stunden. Die niedrigste Zahl von 4,8 Gramm beobachtete ich an einem Hungertage, an dem gar keine Nahrung (während 48 Stunden) aufgenommen wurde; die höchste bei möglichst reichlicher Ernährung, bei welcher der Salzgenuss dem Geschmacke überlassen war. Bei ganz gleichbleibender Kochsalzzufuhr in dem Organismus zeigt nach allen Beobachtungen an Thieren und Menschen, auch wenn kein Kochsalz durch Haut und Darm fortgeht, die tägliche Kochsalzausscheidung im Harne gewisse Schwankungen nach auf- oder abwärts. Meist verlässt die aufgenommene Kochsalzmenge den Organismus schon nach sehr kurzer Zeit wieder. Nach einer salzreichen Nahrung sind die entleerten Harnmengen sehr kochsalzreich. Durch gesteigerten Kochsalzgenuss wird auch die ausgeschiedene Harnmenge vergrössert. Das Kochsalz wirkt wie andere Salze harntreibend.

Bei dem Menschen hat die Schweissbildung auf die Menge des ausgegebenen Kochsalzes im Harne einen nicht unbedeutenden vermindernenden Einfluss. Bei längerer Zeit gleichbleibender Kochsalzzufuhr, bei welcher eine gleichbleibende Kochsalzausscheidung im Harn eingetreten war, nahm ich ein Schwitzbad, in welchem während 17 Minuten der Körper 1280 Gramm = 2 1/2 Zollpfund an Gewicht durch Schweissbildung abgenommen hatte.

Kochsalzgehalt des Harnes am Tage vor dem Schwitztag	9,4 Gramm	
- - - - - Schwitztag	6,8	-
- - - - - Tage nach dem Schwitztag	10,2	-

welcher derartige Versuche bei Bewegung, bei welcher geschwitzt wurde, kam ähnliche, aber weniger grosse Differenzen. Den grössten Unterschied ergab er Versuch: ohne Bewegung 9,5, mit Bewegung 8,8 Gramm Chlor. Das Kochsalz bei Schweissbildung zum beträchtlichen Theile durch die Haut entfernt. Aehnlich pathologische Ergüsse, die plötzlich aus dem Blute abgegeben werden. Enthaltene Chlor ist nicht immer alles an Kochsalz gebunden (GENTH), ein geringer Theil scheint mit Kali, Calcium und Ammoniak vereinigt zu sein. Bei Fütterung mit Chlorcalcium wird alles Chlor im Harn ausgeschieden, dagegen nur  $\frac{1}{36}$  der Rest als kohlensaurer Kalk in den Faeces (SALKOWSKI und PERL).

Schwefelsäure und Phosphorsäure des Harnes stammen von der Zersetzung der Eiweissbilden Stoffe der Gewebe und der Nahrung oder aus anorganischen Salzen, welche Nahrungsstoffen eingeführt werden. Nicht aller Schwefel der schwefelhaltigen Körper wird aber zu Schwefelsäure oxydirt, ein Theil geht im Koth, vielleicht auch im Harn als Taurin ab (cf. S. 605). Da im Harn die Schwefelsäure, die Phosphorsäure Harnstoff zum grossen Theil den gleichen Ursprung haben, nämlich die Eiweisszerstörung, ist meist auch mit einer Steigerung des einen in normalen Fällen, wenn nicht andere Zusätze zur Nahrung oder medikamentöse Darreichung Aenderungen hervorbringen, eine Steigerung der anderen verbunden. Im Hunger sinkt die Schwefel-Phosphorsäureabscheidung analog wie die Harnstoffabscheidung. Am meisten beeinflusst durch Einführung schwefel- und phosphorsaurer Salze in der Nahrung die Ausscheidung der beiden Säuren durch Fleischnahrung gesteigert. Muskularbeit steigert die Schwefelsäureausscheidung (ENGELMANN). Die Steigerung der beiden Säuren im Harn durch Einführung von Salzen derselben wird dadurch beschränkt, dass der Darm nur eine begrenzte Menge, etwa 4—6 Gramm, ohne Störung aufnehmen kann. Die beiden Säuren sind im Harn sowohl an Alkalien, als an Erden gebunden. Nach Fleischgenuss ist das saure-phosphorsaure Kali im Harn sehr bedeutend. Die Schwankungen der Quantität der Ausscheidung sind bei Schwefel- und Phosphorsäure in 24 Stunden ebenso bedeutend, wie bei dem Harnstoff. GENTH u. A. fanden bei gemischter Kost gleiche Mengen der beiden Säuren im Harn. Schwefelsäure: 2,5—3,3 Gramm, Phosphorsäure: 3,6—5,4 Gramm in 24 Stunden. Diese Zahlen sind bei Gesunden etwa als die Grenzen zu betrachten für die tägliche Ausscheidung. Wie gross aber die Schwankungen nach dem Wechsel der Nahrung sich ergeben können, lehren meine Bestimmungen. Aufnahme von 1832 Gramm fettfreiem Fleisch im Tage. Die hierbei gefundenen Zahlen wohl als Maximalzahlen für die physiologisch mögliche Steigerung dieser Ausscheidungen ohne Darreichung von schwefelsauren und phosphorsauren Salzen in der Nahrung betrachtet werden. Ich fand in 24 Stunden: Schwefelsäure 6,8 Gramm, Phosphorsäure 5,4 Gramm.

Die Schwefelsäuren des Harns der Säugethiere und des Menschen. Der Harn enthält verschiedene Substanzen: gepaarte Schwefelsäuren, aus welchen sich durch Erhitzen Schwefelsäure abspalten lässt. Der Gehalt daran ist am grössten im Pferdeharn, gefolgt Kaninchenharn, zuletzt der des Menschen und des Hundes. Diese gepaarten Substanzen sind:

phenolbildende Substanz, z. Thl. Phenolsulfosäure  $\left. \begin{matrix} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{K} \end{matrix} \right\} \text{SO}_4$  und noch eine ähnliche Substanz;

Indican; bei der Zersetzung des Indicans durch Säuren tritt stets Schwefelsäure auf; Indicanz katechinschwefelsäure.

ROGER bestimmte die Phenolausscheidung bei Krankheiten (cf. unten).

BUCHHEIM'S Leitung fand A. KRAUSE, dass nach Einnahme von Schwefelblumen = Elementar Schwefel in den Darm die Schwefelsäureausscheidung im Harn zunimmt, dass Schwefel im Darm aufgenommen wird. Im Laboratorium VOIR'S wurde diese Auf-

nahme auch für Hunde constatirt und wahrscheinlich gemacht, dass der Schwefel als Sulfelalkali resorbirt werde.

Neben den bisher angeführten Säuren: Kohlensäure, Salzsäure (Chlor), Schwefelsäure, Phosphorsäure, finden sich noch im Harn geringe Mengen von Oxalsäure, vielleicht konstant, und Kieselsäure (?).

Die anorganischen Basen des Harns sind mit den Säuren meist zu sauren Salzen verbunden. Das saure phosphorsaure Natron hält den oxalsauren Kalk und die Harnsäure im Harn in Lösung.

Der Kali- und Natrongehalt des Harns steht unter vorwiegendem Einfluss der Nahrung. Kaligehalt beträgt (SALKOWSKI, DEHN) unter gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen 3 Gr (2,9—4,5 Gramm); Kaffee, Fleischbrühe, Fleischextrakt, namentlich aber Bier vermehren den Kaligehalt des Harns. (Genuss von Chlorkalium bringt Kopfschmerzen und andere nervöse Symptome hervor.)

Den Kalkgehalt in Hundeharn fanden SALKOWSKI u. A. pro die zu 0,12—0,36 Gramm. Bei spezieller Kalkfütterung, bei letzterer steigt die Kalkausscheidung im Harn.

Die Reaktion des Harnes ist normal meist eine saure. Sie rührt von den im Harn herrschenden sauren Salzen her, vor Allem von den sauren phosphorsauren Alkalien. Diese sauren Salze werden aus den basischen phosphorsauren Alkalien durch die Anwesenheit organischer Säuren des Harns: Harnsäure, Hippursäure, auch der Kohlensäure, erzeugt, welche einen Theil der Basen für sich in Anspruch nehmen. Ebenso entstehen saure Salze in allen Säften des Körpers, wo freie Säuren vorhanden sind. Künstlich kann die Reaktion des Harnes sauer gemacht werden durch den Genuss freier Säuren, sowohl anorganischer als organischer. Auch Ammoniaksalze sollen, da sie z. Thl. zu Salpetersäure im Organismus oxydirt werden, den Harn sauer machen. Nach mässigem Fleischgenuss ist es vor Allen das saure phosphorsaure Kali, das die saure Reaktion des Harns bedingt. — Der Harn kann auch bei ganz gesunden Menschen alkalisch reagiren. Der Harn der Pflanzenfresser ist immer alkalisch. Die alkalische Reaktion findet sich bei dem Menschen nach übermässiger Nahrungsaufnahme während der Zeit der Verdauung. B. JONES stellte dieses für gemässigte Kost fest, aber auch nach reiner Fleischnahrung wird die Reaktion alkalisch. Bei einem meiner Versuche wurden Mittags 1½ Uhr 1284 Gramm fettfreies Ochsenfleisch gegessen. Um 4 Uhr Nachmittags entleerten Harn fand ich stark alkalisch, ebenso noch um 8 Uhr Abends. Der folgende Morgenharn zeigte sich stark sauer. Man pflegt diese physiologische Abänderung der sauren Harnreaktion während der Verdauung auf die Abscheidung freier Säure im Magensaft zu beziehen, welche aus Salzen hervorgeht, deren Alkalien im Harn ausgeschieden werden. Durch den Genuss von kaustischen und neutral-kohlensauren Alkalien kann man ebenfalls willkürlich die saure Harnreaktion in eine alkalische umwandeln. Schon eine Stunde nach dem Genuss von kohlensaurem Natron findet sich der Harn alkalisch. Ebenso wie kohlensaure Alkalien wirken die meisten organisch sauren Alkalien, da sie im Organismus zu kohlensauren verbrannt werden. Die alkalische Reaktion des Pflanzenfressers rührt von den in so reichlicher Menge in der Nahrung aufgenommenen organisch sauren Salzen her. Doppeltkohlensaure Alkalien machen, vor dem Essen genommen, wobei sie unverändert resorbirt werden, den Harn stärker sauer (BENEKE, PARKES, RALFE), indem sie im Organismus in phosphorsaure und neutral-kohlensaure Salze verwandelt werden; nach dem Essen genommen, machen sie den Harn alkalisch, da ihre Säure durch den Magensaft ausgefällt wird (RALFE).

Die Wasserabgabe durch den Harn richtet sich, wie aus den Bemerkungen über die Mechanik der Harnabsonderung hervorgeht, vor Allem nach der Menge des genossenen Wassers. In Gegenden, in denen der Biergenuss gewöhnlich ist, ist das täglich ausgeschiedene Harnvolumen grösser, als in Gegenden, in denen diese Sitte nicht herrscht. Je mehr Wasser entleert wird, desto mehr feste Stoffe (Harnstoff, Salze etc.) verlassen den Organismus durch den Harn, sie werden aus den Geweben ausgeschwemmt, aber auch durch den gesteigerten Wasseraufnahme vermehrten Säftestrom durch die Organe in grösseren Quantitäten.



ildet (? Vorr). Umgekehrt wird durch die gesteigerte Einfuhr von Salzen, welche den Organismus nur gelöst im Harn verlassen können, z. B. durch Kochsalz u. a. m., dem Organismus eine grössere Wassermenge entzogen. Dasselbe ist der Fall, wenn durch gesteigerte Zersetzung sehr viele aus den Geweben gelöst abzuführende Stoffe gebildet wurden. So kommt durch starke Fleischnahrung die Wasserabgabe durch den Harn ungemein steigert. Dann zeitweilig die Wasserausscheidung durch die Nieren von der Wasserzufuhr in der Nahrung abhängig, so dass unter Umständen weit mehr Wasser im Harn ausgeschieden wird, als ursprünglich zugeführt wurde. So kann es kommen, dass in Folge starken Fleischgenusses der Körper durch Wasserabgabe eine bedeutende Gewichtsabnahme erleidet. Bei einem von mir am Menschen angestellten Versuche wurden zu 2009 Gramm Fleisch 1400 cc Wasser getrunken. Die ausgeschiedene Harnmenge betrug 2260 cc, die Körpergewichtsabnahme, zumeist durch Wasserverlust verursacht, 1179 Gramm in 24 Stunden. In dem anderen Versuch betrug die Abnahme durch Wasserverlust in 24 Stunden 1085 Gramm, trotz einer Aufnahme von 1341 Gramm Fleisch. Umgekehrt vermehrt eine stickstofflose Nahrung den Wassergehalt des Organismus und setzt die Wasserabscheidung in den Nieren herab. Als Beispiel führe ich auch eine am Menschen von mir gemachte Beobachtung an. Es wurde bei Aufnahme von 1321 cc Wasser neben 300 Gramm Stärke, 100 Gramm Zucker und 150 Gramm Fett, im Urin nur 758 cc Wasser entleert, das Körpergewicht nahm an diesem Tage zu um 297 Gramm. Nur konnte die Wasserzunahme der Gewebe nach Brotfütterung an Fleischfressern (Katze) durch Wasserbestimmung in den Geweben nachweisen. Nach starken Muskelkrämpfen wird die Wasserabgabe durch die Nieren vermehrt, während des Krampfs sehr beträchtlich vermindert. Es hängt diese Veränderung zunächst von der durch allgemeine Muskelkrämpfe veränderten Blutvertheilung im Körper ab (J. RANKE), wobei das Blut in erhöhtem Maasse in die Muskeln strömt und dadurch den Drüsen, auch den Nieren entzogen wird. — CL. BERNARD entdeckte einen nervösen Einfluss auf die Wasserausscheidung. Er lehrte die Wasserausscheidung vermehren durch Verletzung des verlängerten Markes ganz nahe der Stelle, durch deren Verletzung die Zuckerausscheidung im Harn angeregt wird.

Die täglichen Harnmengen schwanken sehr; normal von etwa 500 cc aufwärts bis zu mehreren tausend, bei Harnruhr bestimmte ich sie zu 25000 Gramm. SEEGEN sah die tägliche Harnmenge bei lange krankhaft fortgesetztem Hunger und geringster Flüssigkeitszufuhr bei einer erwachsenen Frauensperson im Minimum bis auf 125 cc sinken. An mir selbst schwanken sie bei vollkommener Gesundheit ohne übermässige Flüssigkeitsaufnahme zwischen 750 cc, bei vollkommener Nahrungs- und Flüssigkeitsenthaltung, bis zu jenen oben als Maximum der Fleischnahrung erwähnten 3073 cc am Tage. Das Mittel beträgt bei erwachsenen Männern bei reichlicher Zufuhr von Flüssigkeiten etwa 1600 cc in 24 Stunden. Bei Frauen ist das Mittel im Allgemeinen, da sie meist weniger zu trinken pflegen als die Männer, geringer. Die Schwankungen der Wasserabscheidung im Harn während verschiedener Tagesstunden, der stündlichen Harnmengen, zeigen sich im Allgemeinen übereinstimmend mit den Schwankungen der Harnstoffabgabe und der Ausscheidung der anderen Harnbestandtheile. — Während des Schlafes ist der Harn concentrirter, von höherem spec. Gewicht und wird in geringerer Menge ausgeschieden, als während des Wachens. Der Morgens sofort nach dem Erwachen entleerte Harn zeigt die Eigenschaften des Schlafharns; aber wenn die Beobachtungspersonen auch noch stundenlang wach, aber ruhig im Bett liegen bleiben, so tritt doch die typische Vermehrung und relative Verdünnung des Harns ein, welche den Morgenharn charakterisirt (H. QUINCKE's morgendliche Harnflut), beim Umhergehen ist die stündliche Harnmenge geringer, als bei ruhigem Liegen im Bett. Nächtliches Wachen vermehrt die stündliche Menge des Nachtharns.

**Die Harnfarbe.** Je concentrirter der Harn ist, desto stärker zeigt er sich auch im Allgemeinen gefärbt. Der sehr concentrirte Morgenharn direct nach dem Aufstehen ist darum am dunkelsten gefärbt. Nach Krämpfen ist der Harn, weil sehr verdünnt, meist auch sehr hell. Fast wasserhell, aber meist etwas trübe, ist er bei Harnruhr. — Gewöhnlich ist der Menschenharn durchsichtig und hell. Auch bei vollkommen Gesunden scheidet sich aber

häufig bei concentrirten Harnen (Morgenharn) ein Niederschlag aus, der im sauren Harnsaurem Ammoniak und harnsaurem Natron, hier und da gemischt mit reiner Harnsäure besteht. Ist der Harn alkalisch, ein Zustand, den ich bei einem ganz gesunden jungen Mann, der reichlich Fleisch zu essen pflegte, fortgesetzt beobachtete, so scheiden sich phosphorsaurer Kalk und Magnesia aus, die öfters zuerst als schillernde Haut auf der Oberfläche des Harns erscheinen.

Das specifische Gewicht des Harnes ist, wie schon einleitend angeführt, nach VOGEL Mittel 1020. Nach meinen Beobachtungen an Gesunden stellt sich das Mittel ziemlich niedriger: 1015,4. Die niedrigste Zahl fand ich bei mir bei Hunger (wobei aber eine grosse Harnmenge entleert wurde): 1007,5. Bei einem viel Wasser trinkenden Landarbeiter beobachtete ich 1003, der Harn war kaum gefärbt. Das höchste von mir beobachtete normale specifische Gewicht betrug 1026,5. Man kann nach TRAPP annähernd die festen Stoffe des Harnes in Procenten berechnen aus dem specifischen Gewicht. Man schreibt die drei ersten Zahlen des spec. Gewichts des Harnes durch ein Komma von der dritten Stelle an ab und subtrahirt dann Hundert. Der Rest wird verdoppelt und gibt dann die Procentzahl der festen Stoffe des Harns. Bei 1020 würde man also das Komma nach der Zahl 2 also 102,0, nun würden Hundert davon abgezogen, es bleiben dann 2,0, diese Zahl gibt verdoppelt die festen Stoffe in Procenten = 4,0%. Die Rechnung stimmt mit meiner Beobachtung nur annähernd. Aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen leitete ich ein Mittel spec. Gewicht des Harnes 1015,4 ab. Nach TRAPP'schen Formeln berechnet die Procente der festen Stoffe zu  $1,54 \times 2 = 3,1\%$ ; die direct gefundene Mittelzahl gab 3,8%.

Die Gesamtmenge der durch den Harn entleerten festen Stoffe fand ich beim Menschen bei vollkommener Nahrungsenthaltung als niederste Zahl 25 Gramm in 24 Stunden. Als Normalzahl bei Fleischgenuss (1832 Gramm) 132,7 Gramm. Als Normalzahl ergibt sich 50 Gramm. Durch gesteigerte Wasserabgabe in den Nieren wird die ausgeschiedene Menge fester Stoffe, wie jeder dieser Stoffe für sich, gesteigert. Während bei Hunger in 832 cc Harn 25 Gramm in 24 Stunden abgeschieden wurden, fand ich z. B. eben bei Hunger, aber mit 2234 cc Harn 39,3 Gramm feste Stoffe. Starke Schweissbildung vermindert die Ausscheidung der festen Stoffe (durch Kochsalzabgabe vor Allem) nicht unbeträchtlich. Bei der gleichen Kochsalzzufuhr fand ich in 5 Tagen vor dem Schwitztag im Mittel 61,4 Gramm feste Stoffe, den Tag nach dem Schwitztag 57,6 Gramm, am Tage, an welchem das oben erwähnte Schwitzbad genommen wurde, nur 46,2 Gramm. Trotz der gleichen Nahrungszufuhr sind die täglich ausgeschiedenen festen Stoffmengen doch ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen, es spiegeln sich in diesen Schwankungen alle die Einflüsse, welche die Harnstoffausscheidung und die Salzausscheidung erfährt. Eine solche Reihe ergab bei ganz gleicher Kost die Werthe: 86,5; 59,7; 65,4; 62,4; 67,1; 54,0; 46,2 (Schwitztag).

**Zur Entwicklungsgeschichte. — Harnausscheidung der Neugeborenen.** — Nach RUGE beträgt, ohne eine wesentliche Aenderung des Körpergewichts, die Harnmenge in 24 Stunden, auf 1 Kilo Körpergewicht gerechnet, am 1. Lebenstage 4,4 Gramm, am 4. Tage schon 18,8 Gramm. Der Harn wird meist hell entleert, trübt sich aber in den ersten Tagen ziemlich rasch durch Ausfallen von Uraten. Der Harnstoffgehalt des Harns betrug am 1. Tage auf 1 Kilo Körpergewicht berechnet, 0,0205 Gramm, am 10. Tage 0,0949 Gramm. Harnstoff = 1 : 14 (?). Der Harn enthält Phosphorsäure und Chlor. Das spec. Gewicht des Harns schwankt zwischen 1003—1006. Reaktion ist neutral, seltener ganz schwach sauer. Zucker und Eiweiss halten PARROT und ROBERT nicht für normale Bestandtheile des Harns der Neugeborenen.

## Historische Bemerkungen.

Harn hat schon bei den ältesten Aerzten genaue Beachtung gefunden; in den Schriften HIPPOKRATES finden sich zahlreiche praktische Bemerkungen über diesen Gegenstand. Die Chemiker haben sich bald und vielfältig mit diesem Gegenstande beschäftigt. Die ersten chemischen Versuche wurden von VAN HELMONT angestellt, sie finden sich in einer Abhandlung über Steinbeschwerden. ARETÄUS und AURELIAN hatten wie die anderen Aerzte die Blasensteine für wirkliche Steine und Sand genommen und sie daher *calculus* genannt, CELSUS und PLINIUS nennen sie Calculus und Sabulum, PARACELSUS u. s. w. VAN HELMONT suchte zuerst experimentell zu beweisen, dass die Bestandtheile, aus denen die Blasensteine gebildet sind, im Harn angetroffen werden. Er verglich ihre Bildung mit der Krystallisation des Weinstones aus dem Weine. HALES, BOYLE, BOERHAVE u. v. A. haben mit diesem Gegenstand beschäftigt. Der erste richtige Begriff ihrer Natur wurde von BOYLE 1776 gegeben, der in den Steinen, die er untersuchte, die Harnsäure, die er *acris* nannte, als wesentlichen Bestandtheil auffand, und die er nachher auch im Harn nachweisen konnte. BERGMANN fand einen Harnstein aus phosphorsauren Erden bestehend, wodurch er den Beweis führte, dass diese Concretionen verschiedene Zusammenhänge haben können. WOLLASTON beschrieb 1797 fünf verschiedene Arten, nämlich Steine aus Harnsäure, aus phosphorsaurem Kalk, aus einem Gemenge dieses Salzes mit phosphor-Ammoniak-Magnesia (schmelzbare Steine), aus reiner phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, aus oxalsaurer Kalkerde (Maulbeersteine). Die ausführlichste Untersuchung wurde erst später von FOURCROY und VAUQUELIN veröffentlicht, welche die Aerzte aufgefordert hatten, ihnen Proben von Harnsteinen zu dieser Untersuchung mitzutheilen. Sie fanden in 600 Steinen, die sie untersuchten, dieselben Bestandtheile, welche WOLLASTON vorgegeben hatte, dazu noch harnsaures Natron und in zwei Steinen einen Gehalt an Kalk. PROUST fand einen aus kohlensaurem Kalk (?), WOLLASTON entdeckte 1810 als Nebenbestandtheil das Cystin (Cystic oxide), A. MARCET fand das Xanthin (Xanthic oxide), ebenso die kohlensaure Magnesia. Aus dem Harn selbst hatten 25 Jahre nach VAN HELMONT'S Untersuchungen BRAND und KUNKEL Phosphor dargestellt. BOYLE versuchte die Harnanalyse, es glückte ihm ebenfalls Phosphor zu erhalten, dessen Bereitung geheim gehalten wurde, und den er in London von einem Apotheker zum Verkauf aus Harn bereiten ließ. Um ungefähr gleichzeitig sind die ihrer Zeit viel gerühmten Harnuntersuchungen von BELLINI und BOERHAVE. MARKGRAF zeigt, dass der Phosphor von den im Harn sich findenden phosphor-Salzen herrühre. Die Beobachtungen einer Reihe vortrefflicher Chemiker beschäftigten sich zugleich mit den anorganischen Harnsalzen. ROUELLE d. J. lenkte 1773 die Aufmerksamkeit auch auf die organischen Bestandtheile (Harnstoff), die er »seifenartigen Harnextrakt« nannte. Die Entdeckung der Blasensteinsäure, der FOURCROY den Namen Harnsäure (*Acidum uricum*) gab, wurde schon erwähnt. Doch datirt erst von der Arbeit des englischen Chemikers CROCKSHANK (1797 publicirt) die eigentliche Kenntniss von der Natur des Harns. Er ist der eigentliche Entdecker des Harnstoffs, der von FOURCROY und VAUQUELIN näher untersucht und benannt wurde. Er beschrieb die Veränderungen des Harns in Fiebern, Wassersucht, Diabetes mellitus etc. FOURCROY und VAUQUELIN gaben drei Jahre später eine ausführliche Analyse. THÉNARD gab an, dass die freie Säure des Harns nicht allein Phosphorsäure, sondern auch Essigsäure sei, BERZELIUS substituirte dafür Milchsäure. F. WOLFF gibt 1807 in seinem chemischen Wörterbuch als normale Bestandtheile des Harns an: Wasser, Gallerte, Harnstoff, mehrere Säuren (Harnsäure, Benzoësäure, Essigsäure), Salze und u. s. w. SEGUIN hatte zuerst Eiweiss im Harn aufgefunden, BERZELIUS gibt an, dass es, wenn es in Krankheiten ein ziemlich häufiger, doch aber kein normaler Bestandtheil sei; man hatte es zwischen Schleim und Eiweiss keinen genauen Unterschied gemacht. ROUELLE hatte die Benzoësäure im Harn grasfressender Thiere aufgefunden, ebenso den dort reichlichen phosphorsauren Kalk an Stelle des phosphorsauren Kalks, den SCHEELE zuerst im Harn nach-

gewiesen hatte. Die Harnfarbe sollte nach FOURCROY und VAUQUELIN von Harnstoff herri dessen Menge sie mit der gesättigteren Farbe zu- und abnehmen sahen. BERZELIUS führ als organische Harnbestandtheile an: Harnstoff, freie Milchsäure, milchsaures Amm unbestimmte Extraktivstoffe, Harnsäure, Harnblasenschleim. LIEBIG entdeckte die H säure und ihren Zusammenhang mit der Benzoëssäure. Die Untersuchungen von BR LIEBIG, DUMAS, WÖHLER u. A. haben vor Allem die jetzige Kenntniss des Harns begi Kreatin und Kreatinin wurden im Harn zuerst von HEINTZ und PETTENKOPF ausgeschie

### Die Harnanalyse und ihr Werth für den Arzt.

Die alte ärztliche Praxis erkannte dem Harn einen bedeutenden diagnostischen W

Wenn der Arzt den Puls gefühlt und gezählt, die Hand zur Messung der Tempera die Stirne des Patienten gelegt und dessen Zunge besehen hat, so greift er noch heute s nach dem Harngefässe, dessen Inhalt er mit Sorgfalt betrachtet. Wir sehen aus den ge ten Mienen des Kranken und seiner theilnehmenden Umgebung, wie tief das Bewusstst der Wichtigkeit der Harninspektion aus der therapeutischen Praxis in das Publikum drungen ist. Einem in der Ferne wohnenden Arzt, der einen Kranken in absentia bel soll, wird zur Unterstützung einer Krankheitsbeschreibung eine Portion Harn übersen wird gar oft jetzt noch vom Arzte besonders auf dem Lande verlangt, dass er auf die a Besichtigung des Harnes hin seine ärztlichen Massnahmen treffe. — Es ist das ein U aus einer Zeit, die noch nicht so lange und weit hinter uns liegt, als wir uns gern schm in welcher der Arzt, und zwar nicht nur der gewissenlose, es für eine Ehre hielt, v von ihm hiess, dass er die Krankheiten allein schon aus der Urinbesichtigung er könnte.

Als in der Mitte dieses Jahrhunderts die chemische Methode vor Allem durch durch seine Schüler und Gegner, in die Medicin und Physiologie eingeführt wurde. zuerst der Harn, dessen Untersuchung die Aufmerksamkeit der Aerzte auf sich lenkt Harn, der diagnostisch so wichtig ist, sollte nach allen Richtungen chemisch durc werden. Man knüpfte die weitgehendsten Hoffnungen an diese Untersuchungen. Ve erwartete man, neue diagnostische Hülfsmittel von ihm zu gewinnen, aber auch die all ten suchte man durch genauere quantitative Bestimmungen der Harnbestandtheile zu auf einen wahrhaft wissenschaftlichen Ausdruck zu bringen.

Die alte Harninspektion hatte sich um die äusseren Verhältnisse, die Nahrungsai des Patienten nicht gekümmert. Es war nicht nöthig, dass die Harnmenge, die man k tete, die Gesamtquantität von einer bestimmten, bekannten Zeit war, jede kleine genügte für ihre einfachen diagnostischen Zwecke.

LIEBIG hatte leichte Methoden zur Bestimmung der wichtigsten Harnbestandthe schaffen, die sich von Jedem, der auch sonst keine chemische Ausbildung besitzt, mit Aufmerksamkeit erlernen und ausführen lassen. Zu den LIEBIG'schen kamen bald für Stoffe ähnlich leicht ausführbare analytische Methoden hinzu. Nun glaubte sich Je rechtigt, bei der quantitativen chemischen Untersuchung des Harnes selbst mit Han legen. Was man bestimmte, wurde auch veröffentlicht. So entstand ein Wust von schen Harn-Untersuchungen.

Es ging eine Reihe wichtiger Untersuchungen in diesem Gebiete aus berufenen hervor. Die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen aber verleugnete nicht Verständniss dessen, was man mit chemischen Untersuchungen erreichen kann, son gar eine verständige Fragestellung an die Natur, eine Berücksichtigung der physiolo Verhältnisse, die ja durch die Störungen einzelner Organfunctionen, wie sie in Kra sich finden, im Principe nicht verändert werden.

Man hoffte, es würde sich für jedes Krankheitsbild auch eine bestimmte Qua Harnes auffinden lassen, so dass die Diagnose direct aus der Harnanalyse sich ergebe

nur nöthig zu sein, den Harn von Kranken, die an genau diagnosticirten Krankheiten zu untersuchen, um ein Normalschema der Zusammensetzung des Harnes für die Krankheitsform aufstellen zu können.

Allem waren es quantitative procentische Bestimmungen einzelner, normbestandtheile, die man unternahm. Aber man vergass dabei nur zu oft, dass es leicht haben kann, aus einer unbekannt grossen Stoffmenge eine Quantität herauszuheben und nun in dieser Portion mit mehr oder weniger Genauigkeit einzelne Bestandtheile quantitativ zu bestimmen. Man kann daraus durchaus keinen Schluss, wie man es doch auf Vermehrung oder Verminderung der bestimmten Stoffe durch den Krankheitsprozess ziehen. Quantitative Bestimmungen, welche selbstverständlich nur eine Vermehrung, Verminderung oder ein Gleichbleiben der Ausscheidungsmengen ergeben können, haben nur einen Werth, wenn sie sich nicht nur auf einen grösseren Zeitabschnitt (meist 24 Stunden), sondern auch diesen mit anderen ebenso grossen Zeitabschnitten vergleichen lässt. Dass hierbei alle Sorgfalt auf die Bestimmung der Gesamtharnquantität für die Untersuchungsperiode zu verwenden ist, versteht sich von selbst. Nur wenn die Gesamtharnmenge vollkommen richtig bestimmt ist, wenn davon Nichts verloren gegangen ist, hat die quantitative Analyse möglicher Weise einen Werth.

Man glaubte aus der procentischen Zusammensetzung des Harnes Schlüsse ziehen zu können. Es ist das vollkommen unmöglich. Die grossen oben dargelegten Verschiedenheiten der Wasserabgabe durch Haut und Nieren, die bei sonst gleichbleibenden inneren Krankheiten den Concentrationsgrad des Harnes auf das Wesentlichste verändern können, machen alle derartigen Versuche illusorisch. Man kann durch unzählige Beispiele nachweisen, dass der procentische Gehalt des Harnes an einem Stoffe meist gar keinen Aufschluss über die Ausscheidungsgrösse ergibt, dass eine Abnahme des Procentgehaltes in unzähligen Fällen mit einer Steigerung in der Gesamtausscheidungsquantität verbunden ist. Wir haben gesehen, dass durch Wassertrinken die Menge des in 24 Stunden aus dem Körper durch die Nieren austretenden Harnstoffs und Kochsalzes gemehrt werden kann. Der Harn, ausgeschieden wird, ist oft ungemein verdünnt, so dass die alleinige Berücksichtigung der procentischen Zusammensetzung trotz der absoluten Vermehrung in den Ausscheidungen eine sehr bedeutende Verminderung ergeben würde.

Da schon der Forderung der exakten Aufsammlung der Gesamtmenge des Harnes eine längere Zeitperiode bei Kranken nur mit grosser Mühe zu genügen ist, so tritt dem quantitativen Harnanalysen in der dazu nothwendigen Regulirung der Nahrung kaum zu überwindende Schwierigkeit entgegen. Die Physiologie lehrt uns, dass die Ausscheidungen der in einer bestimmten grösseren Zeit im Harn ausgeschiedenen Stoffe vornehmlich von der während derselben Zeit aufgenommenen Nahrung abhängig seien. Es entsteht in normalen Körpervershältnissen die Ausscheidungsquantitäten der Nahrungsmenge; bei gerade genügender Nahrungszufuhr einen Gleichgewichtszustand in den Aufnahmen und Ausscheidungen, z. B. des Stickstoffs, eintreten. Dann ist die Menge der ausgeschiedenen Stoffe allein abhängig von der Nahrung: Stickstoffgleichgewicht).

Ähnliche Abhängigkeit von der Nahrung zeigen die Ausscheidungen im Harn auch auf sehr indirecten Weise. Die Untersuchungen haben mit aller Sicherheit ergeben, dass die Quantität der Körperausscheidungen, ganz abgesehen von Nahrungsaufnahme (im Hungerzustand während der Versuchsperiode selbst, abhängig sei von der vorausgegangenen Ernährungsweise. Je reicher die Nahrung vorher war, desto reicher zeigt sich auch der Harn in der Folgezeit. Alle die tausendfältig, bei jedem Einzelnen wieder verschiedenen, ewig wechselnden Körperzustände, die wir durch die Nahrungsverhältnisse bedingt sahen, sind von Einfluss auf die Harnausscheidung. Wir wissen, dass die verschiedensten Nahrungssätze je nach den verschiedenen Körperzuständen der Essenden für die Erhaltung des Körpers die gleichen Nahrungsmittel hervorbringen können, während wir andererseits ebenso häufig sehen, dass gleiche Ernährungsbedingungen bei verschiedenen Individuen zu den abweichendsten Resultaten in Be-



ziehung auf ihren Körper und damit auf die Harnausscheidung führen. Diese Einflüsse der Nahrung auf die Harnbildung zeigen sich so mächtig, dass man beinahe zweifeln könnte, ob quantitative Harnanalysen in Krankheiten irgend welche Aufschlüsse ergeben können. Es ist in der Uebersahl der Fälle — in Spitälern nicht weniger wie in der Privatpraxis — geradezu unausführbar, die Krankennahrung so zu regeln, dass sich der Arzt mit der Sicherheit, wie sie zu einer quantitativen Vergleichung nöthig ist, von ihrer chemischen Zusammensetzung Rechenschaft geben könnte.

Wenn man aus einem Mehr oder Minder in der Harnausscheidung Schlüsse auf die Stoffverbrauchsverhältnisse im Organismus ziehen will, muss man als erste Bedingung die Quantitäten der eingeführten Stoffe nicht nur approximativ kennen. Und Jeder, der es versucht wird finden, wie ungemein schwierig eine genaue chemische Regulirung der Nahrung schon bei Gesunden ist. Um zu erfahren, welche Stoffe und welche Quantitäten davon aufgenommen worden sind, genügt es, wie ich gezeigt habe, in den meisten Fällen nicht, nach der Zubereitung der Speisen diese der genauesten chemischen Analyse zu unterwerfen. Die Quantitäten der festen Nahrungsstoffe, die man zu einer Analyse verwenden kann, sind relativ klein, dass wir auch aus mehreren Analysen, geschweige denn aus einer, keine irgend brauchbare Mittelzahl erhalten können, da die verschiedenen Schichten derselben Speise vermöge der Zubereitungsweise sehr verschiedene chemische Zusammensetzung erkennen lassen. Dem Brote leuchtet es ein, dass die Rinde, welche an einer Stelle mehr, an einer anderen weniger bei dem Processe des Backens verändert worden ist, jeder genauen Durchschnittsbestimmung ihrer Zusammensetzung trotzen wird. Bei dem gebratenen Fleische ist der Fettgehalt in den äusseren Partien von dem in den inneren um mehrere Procente verschieden, natürlich ebenso der Stickstoffgehalt, wie mir directe Untersuchungen ergeben haben. Ähnlich ist es fast bei allen Speisen. Es muss also, wenn die Nahrung geregelt werden soll, überall den Cautelen verfahren werden, wie sie bei den Ernährungsversuchen namhaft gemacht worden sind. Das zur Nahrung verwendete magere Fleisch muss auch hier frisch mit der Scheere von jedem sichtbaren Fettpartikelchen befreit werden, damit seine Zusammensetzung möglichst konstant ist: alle zur Zubereitung verwendeten Zuthaten, Salz, Fett, Gemüse, Obst, Brot etc., verlangen die genaueste chemische Analyse. Die Zubereitung muss, damit Nichts verloren geht (z. B. in den Kochgeschirren anhaften bleibt), von dem Untersuchenden selbst geleitet werden. Und schliesslich muss der zu Ernährende das Gekochte vollkommen aufessen, wenn der Rest nicht einer neuen chemischen Analyse unterworfen werden soll. Es stellen sich also den quantitativen Harnbestimmungen zu ärztlichen Zwecken Hindernisse über Hindernisse in den Weg, welche, so wie die Sachen stehen, in den meisten Fällen kaum überwindbar scheinen.

Doch gibt es ein Verfahren, welches den aus der Ernährungsweise hervorgehenden Theil der Schwierigkeiten leichter vermeiden lässt. Der Arzt kann mit Aussicht auf Erfolg quantitative Harnanalysen an ganz oder nahezu hungernden Individuen vornehmen. Von Körperzustände bei Kranken geben dazu einfache Gelegenheit, da ja so häufig alle Nahrung verweigert wird.

In anderen Fällen kann durch Darreichung flüssiger oder breiiger Nahrungsmittel, welche verhältnissmässig leichter chemisch zu untersuchen sind, die Aufgabe wesentlich erleichtert werden. Alles, was flüssig oder breiig gereicht werden kann, erlaubt nach sorgfältiger Mischung eine Durchschnittsanalyse, die auch einen etwa nicht genossenen Rest leicht auf seiner chemischen Zusammensetzung berechnen lässt. Immerhin bleiben auch dann doch grosse Bedenken, welche eine quantitative Harnanalyse nur bei ganz scharfer Fragestellung, bei genauer Ueberlegung, was sie leisten soll und kann, mit aller Rücksicht auf das bekannte schwankende Verhalten der physiologischen Harnausscheidung von erkennbarem Nutzen für den Arzt erscheinen lassen.

Für den Arzt erscheinen die quantitativen Harnbestimmungen meist

geringer Bedeutung, von grosser aber die qualitativen. Sie stellen auf den Boden der alten Harninspection, welcher, so viel Schwindel hervorgerufen hat, ein sehr bedeutender, diagnostischer Werth nicht abproben werden kann.

Der Harn zeigt bei verschiedenen Körperzuständen gewisse Veränderungen, welche letztere uns sicher bestimmte und oft ganz unentbehrliche Anhaltspunkte zur Erkennung des ersteren liefern können. Manche Gesamt- und Kalleiden des Organismus sind geradezu mit Sicherheit nur aus der Untersuchung des Harnes zu erkennen.

Ausser den oben genannten normalen Bestandtheilen enthält der Harn in Krankheiten, abgesehen von medicamentösen Veränderungen, noch eine Reihe anderer Stoffe, wie: Albumin, Fibrin, Blutfarbstoff, Gallenfarbstoffe, Gallensäuren, Leucin, Tyrosin, Cystin, Zucker (Inosit), etc. Die Farbe, der Geruch, das specifische Gewicht des Harnes können Veränderungen zeigen, welche gewisse Schlüsse auf Körperzustände gestatten. Es können sich Niederschläge (Sedimente), Zumischung organisirter Stoffe in dem Harn vorfinden.

Die Ansicht, dass den einzelnen Krankheitsformen eine bestimmte, für die-  
 selbe charakteristische Beschaffenheit des Harns entspreche, gilt nur für diejenigen Krankheiten, welche gerade von einer bestimmten Veränderung des normalen Verhaltens des Harnes ihre Bezeichnung entlehnen. Natürlich muss z. B. bei Albuminurie der Harn Eiweiss enthalten, bei Hämaturie Blut, in der Zuckerharnruhr (Glycosurie oder Diabetes mellitus) Zucker. In anderen Krankheiten, wie bei Typhus, Pneumonie etc., ergibt der Harn an sich bis jetzt kein charakteristisches Zeichen für die Erkennung des Krankheitsprocesses selbst, dagegen können gewisse Complicationen der Krankheit verändernd auf den Harn einwirken.

Häufig vermag die qualitative Harnuntersuchung dem Arzt ganz specielle Schlüsse zu ertheilen, die besonders dann von Werth sein werden, wenn es sich um Behandlung Abwesender handelt. Man kann häufig schon aus dem blossen Ansehen erkennen, dass ein Kranker kein Fieber hat. Der Geruch des Harnes und seine Farbe verrathen gewisse Speisen oder Arzneien, die der Kranke zu sich genommen hat: Spargel, Terpentinöl (veilchenartig), Labarber etc. Samenfäden im Harn rühren meist von einer Pollution her; während der Menstruation enthält der Harn der Frauen Eizellenkörperchen in ziemlicher Menge etc.

Gehen wir etwas näher mit Benutzung der Arbeiten von LIEBIG, GORUP-BESANEZ, J. VOGEL, WITZ-SEYLER, NEUBAUER, C. VOIT u. A. auf einige wichtige Veränderungen des Harnes ein. In der Folge angeführten Titrirflüssigkeiten sind in vielen chemischen Fabriken (insbesonders in der chemischen Fabrik von KARL BUCHNER) käuflich.

**Harnfarbe** (cf. S. 88). Die normale gelbe Farbe des Harns wechselt unter verschiedenen Umständen vom fast Farblosen bis zum Rothen und Rothbraunen. Die farblosen Harnarten auf eine sehr bedeutende allgemeine Verdünnung mit sehr geringem specifischem Gewichte, wie sie z. B. durch übermässiges Wassertrinken (Wassercuren) erzeugt werden kann. Als Krankheitszeichen findet sich ein fast farbloser Harn bei Zuckerharnruhr, hier aber mit dem specifischen Gewichte verbunden. Dunkle Färbung zeigen concentrirte Harnen, z. B. zu Mahlzeiten, starken Bewegungen mit viel Schweiss und wenig Getränk. Sie setzen meist

bei dem Erkalten ein Sediment ab. Der Arzt nennt sie »hochgestellt«, sie sind charakteristisch für fieberhafte Erkrankungen. Blasser Harn schliesst mit fast absoluter Sicherheit eine heftigere acute, fieberhafte Krankheit aus.

Die Harnfarbe kann durch Blutfarbstoff verändert werden. Je nachdem mehr oder weniger Blut im Harne enthalten ist, wird die Farbe gelbroth, blutroth, braun bis schwarz. Der Nachweis des Blutes geschieht vor Allen mit dem Mikroskop, welches Blutkörperchen mehr oder weniger verändert nachweist (cf. unten S. 594, 595). Bluthaltiger Harn ist stets eiweisshaltig.

Die Gallenfarbstoffe färben den Harn gelbgrün, braungrün, gelbbraun. Um sie nachzuweisen, benutzt man die Gmelin'sche Probe. Man bringt in ein Proberröhrchen von dem Harne her ein und setzt nun vorsichtig rauchende, concentrirte Salpetersäure zu. Man lässt sie in das geneigte Probegläschen an der Wand hinabfliessen, so dass sich Harn und Salpetersäure nicht mischen. Die schwerere Salpetersäure sinkt auf den Boden des Glases. An der Berührungsstelle des Harns mit der Säure bilden sich die bei dem Gallenfarbstoff beschriebenen Regenbogenfarben. Nach der Brücke-Fleischel'schen Modification der Gallenfarbstoffprobe setzt man zu der betreffenden Flüssigkeit in dem Probirgläschen eine concentrirte Lösung von salpetersaurem Natron (Chilisalpeter), und lässt in der eben für die Salpetersäure angegebenen vorsichtigen Weise concentrirte Schwefelsäure auf den Boden des Probirgläschens fliessen. Die Reaction ist schärfer, andauernder, die Farben schön geschichtet. Um man auf gallenfarbstoffhaltigen Harn in einem Probirröhrchen einige Tropfen Jodtinktur vorsichtig auffliessen, so tritt eine Grünfärbung an der Berührungszone ein; andere Harnfarbstoffe geben diese Reaction nicht (W. G. Smith). Der Schaum des gallenfarbstoffhaltigen Harns ist gelb gefärbt. Ein eingetauchtes weisses Filtrirpapier, das genässte Hemd, färbt sich bei einiger Intensität der Gallenbeimischung gelb. Gallenfarbstoff kommt im Harne namentlich bei Verschluss der Gallenwege in den Darm (Icterus) vor. Meist fehlen die Gallensäuren neben dem Farbstoffe nicht. Die Pettenkofer'sche Probe, welche auf der Rothfärbung gallensäurehaltigen Flüssigkeit bei Zusatz von Rohrzucker und concentrirter Schwefelsäure beruht, gelingt im frischen Harn nur selten, öfter im eingedampften. Um die Gallensäuren sicher nachzuweisen, verdampft man im Wasserbade eine Portion Harn bis fast zur Trockne und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. Den alkoholischen Extrakt lässt man wieder verdampfen, löst den Rückstand in wenig Wasser und bringt ihn für die Pettenkofer'sche Probe in ein Probirröhrchen. Nun setzt man 2—3 Tropfen Zuckerlösung (4 Theile Rohrzucker auf 4 Theile Wasser) und darauf reine, concentrirte Schwefelsäure zu. Die Flüssigkeit wird nach einiger Zeit (Schütteln) kirschroth, später purpurviolett. Man kann auch von dem trocknen Weingeistextrakt auf einem Porzellanschälchen eine kleine Probe mit einem Tröpfchen Zuckerlösung und verdünnter Schwefelsäure zusammenreiben und nun auf einer möglichst kleinen Flamme bei ganz niedriger Temperatur, unter fortwährendem Anblasen und Wegnehmen von der Flamme, abdampfen. Die eingedampfte Masse wird dann schön purpurroth (Neukomm).

In manchen Harnen bildet sich beim Stehen hier und da ein blauer Niederschlag, indem aus dem farblosen Indican Indigo wird. Bei Gesunden und Kranken lässt sich oft durch concentrirte Salzsäure und Chlorkalk aus dem Harn der blaue Farbstoff in reichlicher Menge fällen. Der Harn wird dann zuerst röthlich violett, später blau, grün. Senator mischt zu prüfenden Harn mit der gleichen Menge rauchender Salzsäure (10—15 cc), fügt dann tropfenweise bis zur vollständig eingetretenen Blaufärbung eine concentrirte Chlorkalklösung zu und schüttelt mit Chloroform, welches den frisch entstandenen Indigo rasch aufnimmt und absetzt. Man kann so die Indigomengen vergleichen. Bei Nierenkrankheiten (Morbus Brightii) soll dieser Farbstoff in grösserer Menge vorkommen und sich auch freiwillig absetzen. Die Behauptung Wolffberg's, dass Salicyl- und Benzoësäure sich im Körper in Indigo umwandeln, widerlegte Jaffé. Nach Jaffé entsteht das Indican aus dem bei der Pankreasverdauung der Eiweissstoffe auftretenden Indol durch Paarung mit einer zuckerähnlichen Substanz. Das meiste Indol wird mit den Exkrementen entleert, ist die Entleerung

ben behindert, wie bei allen Leiden, welche eine Unwegsamkeit des Dünndarms herbeiführen, so erscheint die Indicanausscheidung beträchtlich vermehrt, so am beträchtlichsten aus und Peritonitis, aber auch bei gewissen, namentlich von Dünndarmaffectionen hergehenden Durchfällen: Brechdurchfällen, Typhusdurchfällen etc., nach SENATOR vorzüglich ironischen Inanitions- und Consumptionszuständen durch Verdauungsbehinderungen.

**Eiweiss im Harn.** Ist Blut im Harn nachzuweisen, so muss sich auch Eiweiss in ihm finden lassen. Bei abnorm gesteigertem Blutdruck findet sich öfters Eiweiss im Harn. Bei Entzündungen der Nieren, welche zu einer Abstossung der Epithelien der Harncanälchen führen, besitzt der Harn stets einen mehr oder weniger beträchtlichen Eiweissgehalt. Ausser durch das Abstossen der Epithelzellen nun nackten Stroma sickert aus den geöffneten Enden der Lymphgefässe direct eiweisshaltige Lymphe aus, die sich dem Harn beimischt. Anwesenheit der Epithelien in den gesunden Harncanälchen ist der Hauptgrund, warum in dem Blute, welches in die Glomeruli eintritt, kein Eiweiss in den Harn austreten kann.

Wenn die Zellen entfernt, so tritt aus dem Blute mit den übrigen Stoffen auch Eiweiss in die Harnausscheidung herein. Blut mit Blutkörperchen gelangt in den Harn durch Gefässerreissung. Es versteht sich von selbst, dass diese Gefässerreissung, wenn wir Blut im Harn finden, nicht in den Nieren selbst stattgefunden haben muss. Das Blut kann sich auf dem ganzen Wege, den der Harn zu durchlaufen hat, diesem mittheilen. Das Vorkommen von Menstrualblut im Harn zeigt, dass auch an der Harnröhrenmündung selbst noch eine kleine Beimischung stattfinden kann. EICHHORST fand den Harn eiweisshaltig nach Injection von Hühnereiweiss in den Dickdarm.

Zum Nachweis des Eiweisses erhitzt man eine kleine Menge des Harnes im Probeglas, ohne Weiteres, wenn der Harn schon sauer reagirt, oder nach schwachem Ansäuern mit einem Tröpfchen verdünnter Essigsäure bei alkalischer oder neutraler Reaction, Kochen. Enthält der Harn Eiweiss, so entsteht (bei 70°) ein Coagulum oder eine mehr oder weniger dichte, flockige, weisse Trübung, welche auf Zusatz von Salzsäure wieder verschwindet. Verschwindet dabei der Niederschlag, was in alkalischem oder neutralem Harn geschehen kann, so bestand er nicht aus Eiweiss, sondern aus phosphorhaltigen Erden. Bei dem Ansäuern des Harnes zum Zweck der Albuminbestimmung hat man sich sorgfältig vor einem Ueberschuss von Essigsäure zu hüten, da diese in der Wärme das Albumin zu lösen vermag. Spuren von Eiweiss weist man am besten durch Erwärmen nach Zusatz von wenig Essigsäure und einigen Cubikcentimetern concentrirter Lösung von Kochsalz oder Magnesia sulfurica nach (SALKOWSKI, HEYNSIUS), da in salzreichen Flüssigkeiten das Eiweiss leichter gerinnt. In einer eiweisshaltigen Flüssigkeit, also auch im Harn, erzeugt Salpetersäure einen flockigen, weissen Niederschlag, der sich in sehr viel Wasser wieder auflöst. Neben dem Kochen ist auch diese Probe auf Eiweiss stets anzustellen. Die meisten Salze, auch Alaun, bewirken in Eiweisslösungen Niederschläge. Um die Anwesenheit von Eiweiss nachzuweisen, kann man auch die Fällung mit Sublimat (Quecksilberchlorid) anwenden.

In manchen Fällen kann es wünschenswerth sein, nachzuweisen, ob das Eiweiss aus aufgelösten Blutkörperchen stammt. Die Harnfarbe muss dann auf Blut deuten. Das Blutgerinnsel in solchen Harnen ist dann meist rothbraun, oder röthlich gefärbt. Kocht man dieses Coagulum mit schwefelsäurehaltigem Alkohol, so wird derselbe durch Aufnahme von Blutfarbstoff roth oder rothbraun gefärbt. Auch das Spektroskop (S. 409) kann hier Aufschluss geben. Solche Harnen finden sich bisweilen bei Scorbut, putriden, typhösen Fiebern, miasmatischen Wechselfiebern, nach Einathmung von Arsenwasserstoffgas und, wie BAMBERGER gezeigt hat, nach Schwefelsäurevergiftung, alles Krankheiten, bei denen ein massenhafter Zerfall von Blutkörperchen (Blutdissolution) stattfindet: Haemoglobinurie.

Auch Beimischung von Eiter macht den Harn albuminhaltig.

Es versteht sich darnach von selbst, dass jeder Nachweis von Eiweiss im Harn eine sorgfältige chemische Untersuchung, welche Rechenschaft über die Quellen dieser abnormen Beimischung ergeben soll, erfordert.

Wenn viel Blut im Harn enthalten ist, so wird sich in ihm auch Faserstoff oder fibrinogene Substanz finden. Die Blutcoagula sind so charakteristisch, dass auch mit freiem Auge nicht verkennen lassen. Manchmal sind die Blutcoagula bei Bl in die Harnwege so mächtig, dass sie letztere verstopfen. Findet die Gerinnung in den Harnleitern statt, so können wurmförmige, lange Coagula, die man schon fälschlich für Harn genommen hat, mit dem Harn entleert werden. Weiter unten werden wir noch mikroskopische Faserstoffcylinder im Harn kennen lernen. In manchen Fällen scheidet sich Faserstoff erst nach einigen Stunden ab. Selten — in tropischen Gegenden (nach RAYER auf Isle de France) — kommt ein coagulabler Harn ohne Bluteinmischung vor. Die Zumischung der Fibringeneratoren stammt aus einem Transsudat, das sich absondert und teilweise in den Harn ergossen hat (Lymphe cf. oben).

**Pepton** ist als normaler Bestandtheil des Harns mehrfach angegeben. Es findet es im Allgemeinen nicht konstant, dagegen regelmässig bei allen Eiterungskrankheiten, wenn die Eiteransammlung eine bedeutendere war: bei Pleuro- und Peritonealex- und Congestivabscessen, Bronchoblennorrhoe, im Lösungsstadium der croupösen Pneumonie. Eiter enthält nach F. HOFMEISTER konstant Pepton (pneumonische Sputa nicht ausgenommen; MAIXNER); Blut, Ascitesflüssigkeit, frische Milch enthalten kein Pepton, in saurer Milch ist dagegen Pepton enthalten.

Ein Eiweissgehalt des Harnes hindert die chemische Bestimmung anderer Stoffe. Eiweisshaltiger Harn muss zu fast allen Bestimmungen zuerst von Eiweiss befreit werden. Man coagulirt dazu dasselbe und filtrirt es ab. Der filtrirte Harn wird dann etwaigen anderen chemischen Proceduren unterworfen.

Für den quantitativen chemischen Nachweis des Eiweisses wird das durch Kochen des sauren Harns erhaltene Eiweissgerinsel auf einem bei 100° C. gehaltenen aschefreien Filter abfiltrirt, vollkommen ausgewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen. Die Berechnung der Resultate cf. bei Harnsäure.

**Quantitative optische Eiweissprobe nach VOGEL.** Ihr System entspricht der optischen Milchprobe (cf. S. 467). Eine von suspendirten Eiweisstheilchen trübe Flüssigkeit wird soweit mit Wasser verdünnt, bis sie in einer Schicht von bestimmter, gleichbleibender Dicke eben undurchsichtig geworden ist. Hat man ein für alle Male den Procentgehalt der Flüssigkeit an suspendirten Theilchen bis zu diesem Grenzpunkt für die verwendete Schicht bestimmt, so kann man in der Folge aus der optischen Probe direct den Procentgehalt des Harns an Eiweiss, und aus der Gesammtharnmenge die absolute Quantität desselben berechnen. Die Methode lässt sich für alle Flüssigkeiten mit gleichmässiger Trübung verwenden, auch eine solche bei genügend verdünntem saurem Harn nach dem Kochen findet Anwendung. Der Hauptapparat zur Eiweissprobe ist der Trog, ein viereckiges, 7 cm langes und ebenso breites Eisenblech, das zu einer Rinne zusammengebogen ist, deren Ränder sich bis auf 1 cm nach oben und hinten ist dieser Blechtrog mit keilförmigen Gläschen verschlossen, parallel gestellt sind und genau 6,5 cm von einander abstehen. Die Rinne ruht auf zweckmässigen Fuss zum Stellen und Halten. Ausserdem bedarf man noch einer feinen Pipette von 10 cc Inhalt, in 0,1 cc getheilt, zum Abmessen des Harns, und ein Messgefäss von 100 cc, dann noch Proberöhrchen, Lampe, Kerze. Hat man die Gesammtharnmenge, das specifische Gewicht und die Reaktion des Harns bestimmt, so misst man mit der feinen Pipette nächst 6 cc Harn in das Messgefäss, verdünnt mit destillirtem Wasser bis zur Marke = 100 cc und schüttelt die Flüssigkeit gut durch, was am besten durch mehrmaliges Umrühren erreicht wird. Von dieser Verdünnung kocht man (5—6 cc) in einem Proberöhrchen nach oben auf, und kühlt Rohr und Flüssigkeit in kaltem Wasser ab. Von der abgekühlten Flüssigkeit giesst man in den Trog, und visirt nun mit einem Auge durch die Flüssigkeitsschicht der Rinne der Flamme einer an einem dunklen Orte (Ecke) des Zimmers aufgestellten Stearinkerze. Ist der Lichtkegel noch sichtbar, so hat man eine neue Probe ganz wie die erste, und wenn etwas mehr Harn zu machen; ist das Licht schon bei der ersten Probe verschwunden,



hat man umgekehrt eine neue Probe mit weniger Harn anzustellen. Durch mehrfache Versuche findet man so die Harnmenge, bei welcher auf 100 cc verdünnt der Lichtkegel nicht mehr sichtbar ist. Hat man z. B. bei einer 24stündigen Harnmenge von 2600 cc, 9 cc Harn zur Vollendung der Probe verbraucht, so dividirt man mit dieser Zahl 9 in 2,3553, der durch vielfältige Versuche bestimmten Zahl für die absolute Eiweissmenge, welche in der verbrauchten Harnmenge vorhanden sein muss, um die Schlussreaktion herbeizuführen. Die fundene Grösse (0,2617) gibt die procentische Eiweissmenge des untersuchten Harnes an. Um die absolute Quantität des in 24 Stunden ausgeschiedenen Eiweisses zu berechnen, multiplicirt man die Zahl für die procentische Eiweissmenge (in unserem Beispiel 0,2617) mit der Zahl der im Tage entleerten Cubikcentimeter Harn (nach unserer Annahme 2600 cc), und dividirt mit 100. Die Rechnung ist also folgende:

$$\frac{2,3553}{9} \times \frac{2600}{100} = 6,8042 \text{ Gramm Eiweiss.}$$

Die Resultate sind sehr genau und bei einiger Uebung rasch zu erlangen. C. WAIBEL bestimmte in meinem Laboratorium bei Albuminurie 24stündige Eiweissmengen von 6,0 Gramm bis 0,24 Gramm.

Die beliebte klinische Schätzungsmethode der Eiweissmenge, bei der man aus einer annähernd gleichen, im Proberöhrchen geschätzten Harnmenge an verschiedenen Tagen beim Kochen niederfallenden Eiweissabsatz schätzend vergleicht, gibt zu den schon gedachten Irrthümern Veranlassung. Der Eiweissniederschlag in der Probe kann heute massiger sein, als den Tag vorher, und die Gesamteiweissmenge hat nichts desto weniger abgenommen, da die ausgeschiedene Harnmenge noch bedeutender als das Eiweiss vermindert ist; das Gleiche gilt im umgekehrten Fall.

ESBACH empfiehlt die Fällung des Eiweisses durch Pikrinsäure. Die Höhe des Niederschlags wird gemessen, oder die Trübung durch Wasserzusatz nach dem VOGEL'schen Princip bestimmt.

Die VOGEL'sche optische Eiweissbestimmung gibt auch brauchbare Resultate bei anderen animalen eiweisshaltigen Flüssigkeiten, wenn es gelingt, die Eiweissmenge vollkommen zur flockigen Ausscheidung zu bringen. Zu diesem Zweck müssen diese Flüssigkeiten meist sehr stark mit Wasser verdünnt, mit Essigsäure angesäuert und ihnen dann vor der Fällung durch Kochen noch einige Cubikcentimeter concentrirte Kochsalzlösung oder schwefelsaure Magnesia zugesetzt werden (cf. oben).

**Der Circumpolarisationsapparat und seine Anwendung.** — Eine optische Eiweissbestimmung und Zuckerbestimmung gestattet die Verwendung des Polarisationsapparates. Gewisse organische Stoffe, meist von hohem Molekulargewicht, haben in der Natur bekanntlich die Eigenschaft, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen, und zwar entweder nach rechts, rechtsdrehende, oder nach links, linksdrehende Stoffe. Nicht drehende Stoffe heissen optisch inaktiv. Das »specifische Drehungsvermögen« der »optisch aktiven« Stoffe ist eine feste Grösse. Man versteht darunter die Drehung, welche 1 Gramm Substanz in 1 cc Flüssigkeit gelöst bei 1 Decimeter Länge der Röhre für gelbes Licht bewirkt. Das Circumpolarisationsvermögen einer Lösung ist dem Inhalte derselben an polarisirender Substanz gerade proportional, wodurch die Bestimmung des Drehungsvermögens einer Lösung, wenn man einen bekannten optisch aktiven Stoff enthält, Aufschluss über die Menge dieses Stoffes in der Lösung gibt. Der MITSCHERLICH'sche Apparat ist der in Laboratorien gebräuchlichste. Genauere Resultate gibt der WENTZKE-SOLEIL'sche Apparat. Der erstere besteht auf einem Stative ein feststehendes NICOL'sches Prisma, dahinter eine planconvexe Glaslinse. In entsprechender Entfernung, so dass man eine mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte Röhre dazwischen legen kann, befindet sich ein drehbares NICOL'sches Prisma in der Mitte eines in Grade getheilten Kreises, in welchem es mittelst eines Griffes um seine Achse gedreht werden kann; ein am Prisma angebrachter Zeiger mit Nonius lässt die Drehung des Prismas am Theilkreise ablesen.

Zur Ausführung der Beobachtung richtet man das erstgenannte Prisma des leeren Appa-

rates gegen eine dicht davorstehende helle Petroleumlampe im verdunkelten Zim blickt durch das zweite im Theilkreis befindliche Prisma, dessen Zeiger auf 0° steht, Flamme. Bei richtiger Einstellung (bei 0° und 180°) trennt ein vertikaler schwarzer erhellte Gesichtsfeld in zwei Theile. Man legt nun die mit der zu prüfenden Flüss füllte Röhre, die in der Mitte eine Eingussöffnung besitzt und an beiden Enden mit j zum Zwecke der Reinigung abschraubbaren Glasplättchen geschlossen ist, in den Rö zwischen die beiden Nicols. Ist der schwarze Streifen noch unverrückt vorhanden Flüssigkeit inaktiv, ist er bei Anwesenheit einer aktiven Substanz verschoben oder v den, so dreht man an dem Zeiger, wobei nun farbiges Licht in bestimmter Reihen tritt, entweder bis der schwarze Streifen, wenn er noch vorhanden ist, wieder in s Stellung sich befindet, wobei dann auf seiner einen Seite rothes, auf der anderen S Licht sich zeigt, oder, wenn der schwarze Streifen ganz verschwunden ist, bis gen Hälfte des Gesichtsfeldes roth, die andere blau ist. Nun liest man die Zeigerstellu die spezifische Drehung der gelösten Substanz (z. B. bei Zucker + 56 und bei Sei — 56) bekannt, so ist die Berechnung der Resultate sehr einfach. Ist  $\alpha$  die beobach abgelesene Drehung und  $a$  die bekannte spezifische Drehung (z. B. 56) und  $l$  die R $l$  so ist  $p = \frac{\alpha}{a \cdot l}$ , wo  $p$  das Gewicht des drehenden Stoffes in Gramm in 1 Cub c m.

ausdrückt. Die zu untersuchende Flüssigkeit muss möglichst klar und unge Die Ausführung der Beobachtung im Harn bei Eiweiss und Zucker ergibt sich au sagen. Zur Berechnung auf 24 Stunden hat man das optische Resultat einfach mit menge, in Cubikcentimetern ausgedrückt, zu multipliciren. Bestimmt man Zucker man dabei an dem Griff das Probe-Nicol von 0° nach rechts, bei Eiweiss von 0° na

**Zucker im Harn.** Der Harn soll Traubenzucker schon im normalen Zu Organismus in geringen Spuren enthalten (BRÜCKE), was J. SEEGEN und KÜLZ leugn dagegen bestätigt haben will. EICHHORST, DE SINÉTY u. A. fanden relativ beträchtliche mengen im Harn von Säuglingen bei Milchnahrung, bei Hunden nach Milchinjec Dickdarm, auch im Harn säugender Thiere und Menschen. Bei säugenden I A. HEMPEL den Zucker gleichzeitig mit dem Eintritt stärkerer Sekretion der Milch treten. Bei längerer Stauung des Sekrets in den Drüsen steigt die Zuckermenge im Maximum fand er in 24 Stunden in 4260 cc Harn 47,3 Gramm Zucker. W. Jc findet, dass das Auftreten von Zucker im Harn nur bei einer relativ geringen . stillenden Müttern (in 4 Fällen unter 25) auftritt, auch er fand die Stauung der Mi Drüsen hierbei als wirksamste Ursache.

In dem pathologischen Zustande des Diabetes mellitus oder der Zuck ruhr findet sich eine so gesteigerte Zuckermenge im Harn, dass der Zuckernach Schwierigkeit für einen einigermaßen Geübten besitzt. Nur, wenn der Zucker leicht nachweisbar ist, ist er für den Arzt von Bedeutung.

Der Verdacht auf einen Zuckergehalt des Harnes entsteht, wenn der Harn in se Massen und sehr wenig gefärbt entleert wird, und trotzdem ein höheres specifisch besitzt, als seine scheinbare Verdünnung vermuthen liesse (1028—1030 und mehr)

Füllt man in ein enges Proberöhrchen von dem auf Zucker zu prüfenden Harn Natronlauge zu, schüttelt, um beide zu mischen, und erhitzt nun den oberen Mischung, so färbt sich dieser bei Gegenwart von Zucker rothbraun (MAAS'sche

Um die TROMMER'sche Probe zu machen (cf. S. 84), versetzt man Harn in ein röhrchen mit etwas Natronlauge und setzt nun vorsichtig eine geringe Menge verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd zu, bis eben eine ganz gerin Trübung in der Mischung eintritt, die sich trotz der starken Verdünnung der Ku schön blau färbt. Bei geringen Zuckermengen ist es besser, nur eine so gering quantität zuzusetzen, dass noch keine Trübung deutlich wird. Erwärmt man die so wird sie zuerst an der Oberfläche missfarbig, dann gelb, später setzt sich ein so Niederschlag von reducirtem Kupferoxydul ab.

Bei der BÖTTCHER'schen Probe setzt man zu dem Harn in der Proberöhre eine kleine Messerspitze von dem officinellen basisch salpetersauren Wismuthoxyd (Magisterium Bismuthi), zuzusetzen eine reichliche Menge concentrirter Lösung von kohlensaurem Natron oder etwas Kalilauge und erhitzt längere Zeit anhaltend zum Sieden. Bei der Anwesenheit von Traubenzucker färbt sich das zugesetzte Wismuthsalz grau und endlich schwarz durch Reduction des Wismuthoxyds.

Verdampft man einige Tropfen eines zuckerhaltigen Harnes bei  $100^{\circ}$  C. zur Trockne und kocht den Rückstand mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure und dampft wieder ab (auf einem Porzellanschalen), so entsteht ein intensiv schwarzer Fleck.

Bringt man zuckerhaltigen Harn mit Hefe zusammen, so wird, besonders rasch in einer mittleren Temperatur von  $20-25^{\circ}$  C., eine Gährung eintreten, welche Alkohol liefert. Man bringt ein mit Quecksilber gefülltes, in Quecksilber umgestürztes, oben zugeschmolzenes Glasröhrchen (Proberöhrchen) mittelst einer hakenförmig gebogenen, vorne zu einer feineren Spitze ausgezogenen Glasröhre (Pipette) etwas von dem zuckerhaltigen Harn, den man mit wenig Hefe versetzt hat. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zeigt sich bald Gasentwicklung (Kohlensäure). Lässt man in die Flüssigkeit mittelst einer gleichen Pipette etwas Kalilauge eintreten, so wird das entwickelte Gas vollständig absorbirt.

Ist der Harn so arm an Zucker, dass dessen Nachweis mit den genannten Proben nicht mit Sicherheit gelingt, so macht man nach Entfärbung durch mehrmaliges Filtriren durch Thierkohle (SIEGEN) ein weingeistiges Extrakt des Harnes, den man bei  $100^{\circ}$  bis fast zur Trockne verdampft hat. Der Weingeist wird verdunstet, der Rückstand wieder in Wasser gelöst und mit ihm die Reduktionsprobe angestellt. Es besteht dann kein Diabetes. Entsteht bei dem Harn keine schöne gelbe Färbung oder ein rother Niederschlag bei der TROMMER'schen Reduktionsprobe, so darf man keinen krankhaften Gehalt an Zucker vermuthen. Eine Verfärbung, ein Missfarbigwerden, tritt bei der Reduktionsprobe in jedem Harn ein, da der Harn noch immer in geringem Grade wie Zucker reducirende Substanzen enthält: Kreatinin, Harnsäure.

Die quantitative Methode der Zuckerbestimmung wird besonders zur Controle der therapeutischen (Karlsbad) oder diätetischen Erfolge (Fleischnahrung) bei Diabetes von Wichtigkeit. Die gebräuchlichste chemische Methode basirt auf der TROMMER'schen Probe. 1 Aequivalent Krümelzucker (150) fällt das Kupfer aus 40 Aequivalenten Kupfervitriol (4247,5).

Zur Anfertigung der Titrirflüssigkeit der FEHLING'schen Kupfervitriollösung misst man 34,65 Gramm reinen krystallisirten Kupfervitriol in genau 1000 cc Wasser auf; löst er 173 Gramm krystallisirtes, reines weinsaures Kalinatron in 600—700 Gramm Natronlösung von 1,42 spec. Gewicht und verdünnt die Lösung, bis ihr Volum genau 4 Liter beträgt. Beide Flüssigkeiten: Kupferlösung und die alkalische Lösung von weinsaurem Kalinatron, werden jede in einer eigenen Flasche gesondert aufbewahrt. Ein Gemisch beider Lösungen wird bei längerem Aufbewahren durch Zersetzung leicht unbrauchbar, so dass es beim Gebrauche ohne Zuckerzusatz reducirt wird.

Zur Ausführung der Analyse misst man je 20 cc von beiden Lösungen mit einer Pipette in einen Glaskolben oder eine weisse Porzellanschale fliessen und setzt etwa 4fache Volumen Wasser zu. Nun bringt man von dem Harn, dessen Zuckergehalt bestimmt werden soll, 10 cc in ein Messgefäß und verdünnt, wenn er etwas concentrirt ist, auf 100 cc mit Wasser. Von der gut gemischten Flüssigkeit füllt man in eine Burette. Erhitzt nun durch eine kleine Flamme die verdünnte Kupferlösung bis zum beginnenden Sieden, versetzt zuerst mit 2 cc des verdünnten Harnes, lässt ein paar Secunden kochen, stellt die Burette und beobachtet, ob die Flüssigkeit noch blau bleibt. Ist dies noch der Fall, so setzt man, in derselben Weise wie das erste Mal verfahren, von 4 cc zu 4 cc fortschreitend, weiter hinzu, bis die Flüssigkeit über dem entstandenen rothen Niederschlage gerade farblos geworden ist. Man liest dann an der Burette ab, wie viel Cubikcentimeter von dem verdünnten Harn bis zur vollkommenen Reduction verbraucht wurden, und berechnet daraus den Procentgehalt des unverdünnten Harnes an Zucker.

1 cc der Kupfer-Lösung von der oben angegebenen Concentration bedarf genau 3 Milligramm Traubenzucker zur vollkommenen Reduktion alles Kupferoxyds. 20 cc entsprechen also 0,4 Gramm Zucker; die zur völligen Entfärbung der 20 cc Kupferlösung erforderliche Quantität Harn enthält also genau 0,4 Gramm Zucker. Waren nun z. B. zu der Reduktion der 20 cc Lösung 15,5 cc des verdünnten Harns erforderlich und war der Harn auf  $\frac{1}{10}$  verdünnt, wie oben angegeben wurde, so entsprechen die 15,5 cc der Verdünnung 1,55 cc Harn. Diese 1,55 cc Harn enthalten genau 0,4 Gramm Zucker, in 100 cc Harn sind also

$$\frac{100 \cdot 0,4}{1,55} = 6,45 \text{ Gramm Zucker.}$$

Diese Zahl hat man, um die 24stündige Menge des Zuckers zu finden, mit der Gesamtmenge des Harnes, in Cubikcentimetern ausgedrückt, zu multipliciren und mit 100 zu dividiren.

Die LIEBIG-KNAPP'sche chemische Methode der quantitativen Zuckerbestimmungen gründet sich darauf, dass Traubenzucker in alkalischer Lösung Cyanquecksilber zu metallischem Quecksilber reducirt. Man löst 100 Gramm reines, trocknes Cyanquecksilber in Wasser, setzt 100 cc Natronlauge von 1,445 spec. Gewicht zu und verdünnt zum Liter. In dieser Lösung wird die Titrirung wie nach der FEHLING'schen Methode ausgeführt. Man bringt 40 cc der Quecksilberlösung, entsprechend 0,4 Gramm Traubenzucker, in einer Porzellanschale zum Sieden und setzt von der verdünnten Zuckerlösung (etwa 0,5 % Zucker enthaltend) so lange zu, bis alles Quecksilber ausgefällt ist. Beim Beginn des Zusatzes trübt sich die Lösung, später wird sie klar und gelblich. Die Reaktion ist beendet, wenn ein Tropfen der Lösung auf schwedischem Filtrirpapier durch darüber gehaltenes concentrirtes Schwefelammonium in einer halben Minute nicht mehr gebräunt wird. Gegen Ende der Reaktion zeigt sich noch ein schmaler brauner Ring am Rande des Tropfens, den man am besten beim Halten des Papiers gegen ein helles Fenster erkennt. Diese Endreaktion ist scharf, die Lösung haltbar. (Die optische Bestimmung des Zuckers durch Polarisation cf. E. Eiweiss, S. 598.)

**Ärztliche Bemerkungen.** — Diabetes mellitus. Die gesteigerte Zuckerausscheidung im Harn hat meist einen noch ziemlich dunkeln pathologischen Grund: pathologischer Diabetes. Er tritt hier und da nach sehr heftigen Gemüthsbewegungen auf, so dass wir doch wohl an eine centrale Ursache denken müssen. Experimentell kann Diabetes hervorgerufen werden durch Verletzung einer umschriebenen Stelle am Boden des vierten Ventrikels, Zuckerstich; ebenso durch Curare. BERNARD fand, dass der Zuckerstich unwirksam ist, wenn vorher die Splanchnici durchschnitten wurden. Es tritt Diabetes nach Durchschneiden der letzten Halsganglien ein (PARY) oder eines Brustganglions (ECKHARDT), wie es schon durch vasomotorische Einflüsse. Nach SCHIFF's Behauptung bringt jede Circulationsstörung in grösseren Gefässbezirken durch Lähmung der Gefässnerven oder Unterbindung der Gefässe Diabetes hervor. FILEHNE sah bei Kaninchen, deren N. Depressor (centralen Stumpf) er elektrisch reizte, Zucker im Harn auftreten, was er auf Arterienerschaffung bezieht. E. BISCHOF fand bei zwei zur Section gekommenen Fällen von Diabetes Atheromatose der Arterien am Boden des vierten Ventrikels und dessen Umgegend, MARCKWORT fand Zucker im Harn nach einem Bluterguss in den vierten Ventrikel. Hier waren es also Ernährungsstörungen, Folge dieses Processes an jener Hirnpartie, deren experimentelle Verletzung Diabetes erzeugt. Wahrscheinlich sind öfter derartige oder analoge Störungen die eigentliche Krankheitsursache. TIEGEL weist experimentell zwei andere Ursachen der Zuckerharnruhr nach: Auflösung von Blutkörperchen, z. B. durch Aethereinspritzung, und Hyperämie der Leber; er konnte bei Fröschen durch mehrmalige Wiederholung des GOLTZ'schen Klopversuchs an demselben Thier (Frosch) wobei venöse Blutanfüllung der Leber und der anderen Unterleibsorgane eintritt, in mehreren Fällen Diabetes erzeugen. Bei einem Fall von geringgradigem Diabetes zeigte sich umgekehrt den Zuckergehalt nach einem 4stündigen scharfen Ritt zeitweise verschwinden. Der Einfluss des Reitens auf die Blutentlastung der Unterleibsorgane, namentlich der Leber, ist bekannt (cf. meine Beobachtungen über Blutvertheilung).

bei Muskelbewegung). Viele halten es für wahrscheinlich, dass bei Diabetes theils die Glycogen- oder Zuckerbildung in der Leber gesteigert, theils die Oxydation des Glycogens oder Zuckers gehindert sei. Bei Diabetikern enthält das Blutserum mehr Zucker, als bei Gesunden. Bringt man durch Injection von Zuckerlösung den Zuckergehalt des Blutes auf wenigstens 0,50% (LEHMANN), so geht der Zucker theilweise in den Harn über, was man auch durch vermässigen Zuckergenuss soll erreichen können. Bei Diabetikern nimmt der Zuckergehalt des Harns mit der reichlicheren Zufuhr von Kohlehydraten (Zucker, Stärkemehl) zu — mit der Zufuhr von albuminreicher Nahrung dagegen ab, doch konnte KÜLZ nachweisen, dass bei «schwerem Diabetes» eine gesteigerte Eiweisszufuhr als Nahrung die Zuckermengen auch vermehrt. K. ZIMMER schliesst aus seinen zahlreichen Beobachtungen und Versuchen, dass die krankhafte Zuckerausscheidung überhaupt auf dem Darniederliegen der Glycogenbildung in den verschiedenen Geweben beruht. Nicht bloss in der Leber, sondern auch in anderen Organen, namentlich in den Muskeln werde Glycogen gebildet, die Störung der Glycogenbildung, welche zu Diabetes führt, könne bald in dem einen, bald in dem andern Organ ihren Sitz haben; so müsse man Leberdiabetes von Muskeldiabetes etc. unterscheiden. ZIMMER erklärt so z. Thl. die verschiedenen Formen der Krankheit und die verschiedene erforderliche Behandlungsweise. KÜLZ bestimmte in der Leber eines Diabetikers neben Zucker ziemlich reichlich normales Glycogen. Bei Thieren vermindert sich mit der Unterbindung des ductus choledochus das Glycogen rasch und sehr bedeutend (KÜLZ und E. FRIEDRICH). Nach Vergiftungen, welche wie Arsenvergiftung den Glycogengehalt der Leber aufheben, kann man durch Zuckerstich künstlichen Diabetes nicht mehr erzeugen. Nach Curarevergiftung ist die Leber nicht reicher an Glycogen sein, als sonst. Auch andere Sekrete als der Harn enthalten bei Diabetikern Zucker. Der gesteigerte Durst der Diabetiker führt zu den enormen, bei diesem Leiden beobachteten Harnausscheidungen. Der Harn ist neben dem Zucker auch oft sehr reich an Harnstoff, dagegen wenigstens procentisch arm an Harnsäure; Kreatin und Kreatinin sollen öfters fehlen. Nach F. BÜRGER ist die Perspiratio insensibilis bei Diabetes bedeutend herabgesetzt.

Bei Diabetes insipidus wird bisweilen Inosit in geringen Mengen ausgeschieden. Nach C. BOCK und F. A. HOFMANN werden Kaninchen diabetisch, wenn man ihnen continuirlich eine 10% Kochsalzlösung in das Gefässsystem einleitet. E. KÜLZ constatirte, dass in Folge davon in geringen Mengen Inosit im Kaninchenharn nachzuweisen ist. Nach übermässiger Wasserzufuhr (6—10 Liter über die gewohnheitsgemässe Menge) tritt nach KÜLZ auch bei gesunden Menschen Inosit im Harne auf, er bestimmte 0,42—0,91 Gramm.

Die Bestimmung des **Harnstoffs** kann für den Arzt in qualitativer Beziehung nur selten von Wichtigkeit sein. Es müsste sich darum handeln, ob eine als Harn ausgegebene, verächtlich aussehende Flüssigkeit wirklich Harn ist, also Harnstoff enthält. Die von LIEBIG angegebene Methode der quantitativen Bestimmung des Harnstoffs im Harne durch Titrirung ist einfach und leicht ausführbar, dass man sich ihrer in den meisten Fällen auch für qualitative Nachweisung bedienen wird. Der Harnstoff bildet mit Salpetersäure und Oxalsäure charakteristische schwerlösliche Verbindungen (s. unten bei Haut).

Das Princip der Methode LIEBIG's zur quantitativen Harnstoffbestimmung beruht in Folgendem: setzt man zu einer verdünnten reinen Harnstofflösung eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so bildet sich sofort ein Niederschlag, bestehend aus Harnstoff, Salpetersäure und Quecksilberoxyd von konstanter Zusammensetzung. Bringt man zu einem Tropfen dieser Harnstoff-Quecksilbermischung einen Tropfen kohlensaures Natron, so entsteht so lange ein weisser Niederschlag, als noch nicht genügend salpetersaure Quecksilberoxydlösung zugesetzt ist, um allen Harnstoff auszufällen. Ist aber nur ein sehr geringer Ueberschuss von Quecksilberlösung zugefügt, so gibt kohlensaures Natron einen gelben Niederschlag. Dieser gelbe Niederschlag ist als Zeichen, dass nun aller Harnstoff ausgefällt ist, die Endreaktion bei der Harnstofftitrirung.

Im Harne finden sich neben dem Harnstoff phosphorsaure Salze und Chlor, welche die Harnstoffbestimmung erschweren. Die Phosphorsäure, welche mit Quecksilberoxydsalzen



auch einen Niederschlag gibt, muss vor der Harnstoffbestimmung ausgefällt werden. ganz genaue Harnstoffbestimmungen zu erhalten, muss aus dem Harn auch das Cl entfernt werden, was durch Ausfällen mit Silberlösung möglich ist. Setzt man zu einer Harnstofflösung, welche Kochsalz enthält, salpetersaures Quecksilber zu, so setzt sich letzteres mit dem Kochsalz zu Quecksilberoxyd und salpetersaurem Natron um. Das Quecksilberchlorid fällt den Harnstoff nicht. Es entsteht also in einer gemischten Lösung Harnstoff und Kochsalz wie im Harn erst dann der geforderte Niederschlag, wenn alles Cl an Quecksilber getreten ist. Lixie gründete auf dieses Verhalten seine Chlorbestimmung im Harn, indem er den nach der Bindung des Chlors auftretenden Niederschlag mit Harnstoff als Endreaktion benutzte. Im Harn bedingt die Anwesenheit von Cl einen manchmal nicht unbedeutenden Fehler der Harnstoffbestimmung. Man berechnet Harnstoffmenge in der untersuchten Harnprobe nach der Zahl der zur Ausfällung verbrauchten Cubikcentimeter der salpetersauren Quecksilberoxydlösung. Das Kochsalz, welches ein Theil des zugesetzten Quecksilbersalzes für seine Umsetzung in Beschlag nimmt, wird eine Harnstoffmenge zu gross erscheinen lassen. Kennt man die im Harn enthaltene Clmenge, so kann man auf einfache Weise an dem Resultat der Harnstoffbestimmung eine genügend scharfe Correction (Verminderung) anbringen. Nach Lixie zieht man für 10 cc Harn, die man titirt hat, im Mittel 4,5—5,5 cc der verbrauchten Anzahl Cubikcentimeter Quecksilberlösung ab, was dem durchschnittlichen Chlorgehalt des Menschenharnes entspricht.

Zur Ausführung der Harnstofftitrirung bedarf man folgende Lösungen:

1) eine Lösung von kohlensaurem Natron, oder einen Brei von mit Wasser zerührtem doppelt kohlensaurem Natron.

2) eine Barytmischung. Man mischt 3 Volumen kalt gesättigtes Barytwasser (A. baryt wird dazu in einer verschlossenen Flasche mit destillirtem Wasser übergossen, stehen gelassen unter öfterem Aufschütteln) und 1 Volum ebenfalls kalt gesättigter, ebenfalls bereiteter Lösung von salpetersaurem Baryt. Die Mischung muss in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt werden.

3) eine Normalharnstofflösung. Sie ist eine Lösung von 3 Gramm, bei 100 gut getrockneten, reinen Harnstoffs in Wasser, die so verdünnt ist, dass sie gerade 10 cc beträgt.

4) titrirte salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Um sie herzustellen ist in chemischen Fabriken käuflich, muss aber dann vor dem Gebrauch auf ihre Stimmigkeit mit der Normalharnstofflösung geprüft werden; verdünnt man (concentrirte Lösung

intritt. Man setzt, wenn die erste leicht gelbe Färbung eingetreten ist, zur Mischung in das Bechergläschen so viel kohlen saure Natronlösung zu, dass die Reaction nur noch eben schwach roth ist. Dann muss man meist noch etwas Quecksilber zusetzen, um einen Ueberschuss (gelbe Färbung des Tropfens mit kohlen saurem Natron) zu haben.

Die titrirte Quecksilberlösung soll so verdünnt sein, dass 1 cc von derselben etwa 10 Milligramm Harnstoff fällt und die gelbe Reaction gibt. Man muss, wenn die Verdünnung richtig ist, also 10 cc der Quecksilberlösung zu 10 cc der Harnstofflösung, welche 20 Milligramm Harnstoff enthalten, geben. Hat man bei der geschilderten ersten Titrirung z. B. 6 cc der noch nicht richtig verdünnten Quecksilberlösung für die verwendeten 10 cc Harnstofflösung verbraucht, bis die gelbe Endreaction eintrat, so würden zu je 6 cc der Quecksilberlösung noch 4 cc Wasser zuzufügen sein, um die gewünschte Verdünnung zu erhalten. In Wirklichkeit darf man nicht ganz soviel Wasser zusetzen, da man dadurch die Lösung zu sehr verdünnen würde. Hat man die Verdünnung vorgenommen, so titirt man von Neuem 10 cc der Harnstofflösung in der oben geschilderten Weise und stellt dadurch fest, wie viel Harnstoff genau 1 cc der Quecksilberlösung entspricht. Es liegt natürlich nicht viel daran, ob 1 cc gerade 10 Milligramm oder einer etwas grösseren oder kleineren Quantität Harnstoff entspricht. Die runde Zahl 10 erleichtert nur die Berechnung etwas.

Die Harnstoffbestimmung im Harn hat nach dem Gesagten keine wesentlichen Schwierigkeiten. Nachdem man die gesammte Harnmenge, welche während einer bestimmten Zeit, für die man die Harnstoffausscheidung bestimmen will, meist 24 Stunden, wohl gemischt und genau mittelst eines Messglases gemessen hat, muss man sich zuerst überzeugen, ob der Harn eiweissfrei ist. Enthält er Eiweiss, so misst man 100 cc in einem Messgefässe ab und coagulirt in einer Porzellanschale das Eiweiss nach den oben angegebenen Regeln über der Lampe. Nach dem Kochen bringt man die ganze Flüssigkeit in das Messgefäss zurück, spült die Schale mit einigen Tropfen Wasser aus und ersetzt das bei dem Kochen verdunstete Wasser durch destillirtes, bis wieder 100 cc erreicht sind. Den Harn mit dem Niederschlag bringt man dann auf ein unangefeuchtetes Filter. Der filtrirte Harn kann nun ohne Weiteres genau so behandelt werden, wie eiweissfreier, ohne dass die Berechnung der Resultate etc. irgend welche Aenderung erleidet. Ebenso verfährt man bei der Zuckerbestimmung und allen anderen Bestimmungen in etwa eiweisshaltigem Harn.

Die Phosphorsäure und Schwefelsäure müssen nun zuerst aus dem Harn entfernt werden. Man misst dazu 2 Volumina Harn in ein Bechergläschen und versetzt sie mit 1 Volum der oben beschriebenen Barytmischung. Zu diesem Zwecke bedient man sich entweder einer Pipette, welche 20 cc abmessen lässt, die man zweimal mit Harn und einmal mit Barytmischung füllt; oder man füllt ein Proberöhrchen zweimal mit Harn und einmal mit der Barytmischung an. Um die Volummessung in dem Proberöhrchen genau zu machen, streicht man den Gipfel der Flüssigkeit an dem ganz gefüllten Proberöhrchen mit einem Uhrgläschen ab. Die zusammengegossenen Flüssigkeiten werden gut gemischt und auf ein unangefeuchtetes Filter gebracht. Von der filtrirten Flüssigkeit misst man mit einer 15 cc haltenden Pipette 15 cc heraus, welche nach der angegebenen Mischung 10 cc Harn enthalten.

Diese Harnflüssigkeit wird nun genau nach denselben Regeln titirt, die oben bei der Harnstofflösung angegeben wurden. Man setzt je 1 cc Quecksilberlösung zu und rührt jedesmal einen mit dem Glasstabe nach gutem Rühren herausgenommenen Tropfen auf einer Glastafel mit schwarzer Unterlage oder auf der Porzellanplatte mittelst eines Tropfens kohlen sauren Natrons. Tritt die erste Gelbfärbung des vorher weissen Niederschlags im Tropfen ein, so ist die Titrirung beendet. Man liest nun die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter der Quecksilberlösung an der Burette ab. Hat man für die 10 cc Harn, welche in 15 cc der filtrirten Harnmischung enthalten sind, 20 cc Quecksilberlösung verbraucht, von welcher je 1 cc 10 Milligramm Harnstoff entspricht, so enthalten die 10 cc Harn 200 Milligramm Harnstoff, 100 cc also 2 Gramm. Um zu finden, wie viel Harnstoff im Tage (24 Stunden) ausgeschieden wurde, hat man nun eine sehr einfache Rechnung. Nehmen wir an, die Gesammtharnmenge in 24 Stunden hätte 1500 cc betragen, so wurden während dieser Zeit

ausgeschieden:

$$\frac{4500 \cdot 0,2}{10} = 30 \text{ Gramm Harnstoff.}$$

Bei grösserem oder geringerem Gehalt des Harns an Harnstoff hat man noch Correctionen an dem direct gefundenen Werth anzubringen. Hat man zur Titrirung mehr als 30 cc Quecksilberlösung verbraucht, so setzt man vor der Prüfung mit kohlensaurem Natron eine Mischung die Hälfte der mehr als 30 cc verbrauchten Cubikcentimeter an Wasser zu. Hat man weniger als 30 cc verbraucht, so zieht man für je 5 cc, die man weniger gebraucht, 0,4 cc ab und berechnet erst den so erhaltenen Rest der Cubikcentimeter auf Harnstoff.

Das specifische Gewicht des Harnes hängt bei nicht zuckerhaltigen Harnen hauptsächlich von dem Harnstoffgehalt ab. Für die raschere Harnstoffbestimmung ist es wichtig zu wissen, dass man die beiden hinteren Zahlen des gefundenen specifischen Gewichtes des Harnes nur zu verdoppeln hat, um annähernd die Zahl der Cubikcentimeter zu erhalten, die man zu 15 cc Harnmischung, nach der oben angegebenen Methode hergestellt, zugesetzt muss, bis die Endreaktion eintritt, oft weniger. — Im Hundeharn ist die Menge Phosphorsäure so gross, dass man die Harnmischung mit gleichen Volumen Harn und Bariummischung herzustellen hat.

**Bemerkungen für den Arzt.** — Wir haben im Allgemeinen schon über den Werth der quantitativen Bestimmungen von Harnbestandtheilen für den Arzt haben können gesprochen. Alles, was dort im Allgemeinen gesagt wurde, gilt im Besonderen vor Allem für den Harnstoff, das Hauptprodukt des Eiweissumsatzes. Alle anderen stickstoffhaltigen Harnbestandtheile stehen normal zur Menge des Harnstoffs in einer einfachen Beziehung. Wird mehr Harnstoff im Körper erzeugt (z. B. durch vermehrte Nahrungszufuhr), so wird auch mit ihm entsprechend mehr Harnsäure, Kreatinin, bei Hunden Kynurensäure etc. im Harn ausgeschieden. Auch die Schwefelsäure und Phosphorsäure stammen im Harn theilweise aus dem Umsatz der Albuminate, wenn sie nicht als Medicament dargereicht werden; ihre Vermehrung und Verminderung hat also fast genau die gleiche Bedeutung wie die des Harnstoffs und wird meist mit letzterer gleichzeitig eintreten. Die Vermehrung der Ausscheidung der genannten, im Harn enthaltenen Stoffe hängt also stets bei Gesunden und Kranken vor Allem von gesteigertem Appetit und dadurch vermehrter Nahrungsaufnahme ab. Im Fieber ist jedoch auch ohne Nahrungsaufnahme die Harnstoffausscheidung gesteigert. Dies rührt her von einer gesteigerten Zersetzung der Körperalbuminate wie aller anderen Körperstoffe im Fieber, welche auch durch die bedeutende Wärmeabgabe, Abmagerung und den Kräfteverlust durch fieberhafte Krankheiten bewiesen wird. Hier und da kommt unabhängig von der Nahrung momentane Harnstoffvermehrungen vor, die sich entweder durch plötzliche Ausscheidung im Körper aufgehäuften Harnstoffs oder durch aus inneren Ursachen gesteigerte Eiweisszersetzung erklären, z. B. bei Resorption hydropischer Ergüsse oder bei der Uterusverkleinerung der Wöchnerinnen. Verminderung der Harnstoffausscheidung hängt meist von verminderter Nahrungsaufnahme ab, in seltenen Fällen von einem Zurückhalten gebildeten Harnstoffs im Körper (Urämie).

Bei allen acuten fieberhaften Krankheiten (Pneumonie, Typhus etc.) ist der Gang der Harnstoffausscheidung gewöhnlich folgender (J. VOGEL): Im Anfang, bis die Abklingung des Fiebers vorüber ist, erscheint die Harnstoffmenge, trotz gleichzeitiger knapper Diät und trotz einer gleichzeitigen Verminderung der Urinmenge, in der Regel vermehrt, bisweilen sehr bedeutend, bis auf 50, 60, ja 80 Gramm in 24 Stunden. Später, wenn mit dem Nachlass des Fiebers die Erhöhung des Stoffverbrauches nachgelassen hat, während die fortwährende Störung des Appetits eine verminderte Nahrungsaufnahme bedingt, sinkt die Harnstoffmenge unter die Norm. In der Reconvalescenz erhebt sie sich allmählig wieder bis zur Norm, um diese bei gesteigertem Appetit häufig zu übertreffen. Natürlich wird dieser regelmässige Gang durch individuelle Verhältnisse vielfach modificirt. Nach NAUNY beginnt die Steigerung des Eiweisszerfalls bei fieberhaften Leiden vor der febrilen Temperaturerhöhung. — Bei Wechselfieber steht die Harnstoffausscheidung in bestimmter Beziehung zur Kör-

eratur, mit der sie sinkt und steigt. Während der Apyrexie sinkt die Harnstoffausscheidung oft unter die Norm. HUPPERT gibt für alle fieberhaften Temperaturverhältnisse ein Gesetz an. Die Vermehrung ist selbstverständlich relativ, entsprechend dem jeweiligen Stoffwechsel des Patienten, so dass »normale« Harnstoffmengen in Krankheiten unter Umständen schon eine bedeutende fieberhafte Steigerung der Harnstoffbildung bedeuten. Ueber Steigerung des Stoffwechsels im Fieber cf. bei Athmung S. 538. — Bei den chronischen Krankheiten, die mit der Verminderung des Stoffumsatzes im Körper und mit mangelnder Ernährung verbunden sind, sinkt, wie stets bei mangelhafter Ernährung, die Harnstoffmenge unter die Norm, durch inzwischen eintretende Steigerungen derselben (Exacerbationen, durch Febris hectica etc.) wird sie hier und da für kürzere oder längere Zeit wieder gesteigert. Gegen das tödtliche Ende vieler Krankheiten, in denen der Körper wie im äussersten Hungerzustande aufgezehrt wurde, ist die tägliche Harnstoffausscheidung oft ungemein gering, 5 bis 6 Gramm. Durch Ablagerung wässeriger, hydrothoracischer Ergüsse in die Körperhöhlen kann die Harnstoffausscheidung manchmal plötzlich aufhören, da sich in den genannten Flüssigkeiten Harnstoff aufhäufen kann. Werden solche Ergüsse resorbirt nach therapeutischer Einwirkung oder durch im Körper selbständig zur Beseitigung gelangte Ursachen, so kann, wie schon oben gesagt, auch aus diesem Grunde die Harnstoffausscheidung und die Harnmenge mit einem Mal sehr gesteigert werden, ohne dass die äusseren Ernährungsverhältnisse einen Wechsel erlitten hätten. Nach starken Blutverlusten (Operationen) ist die Harnausscheidung und die Harnstoffausscheidung für eine Zeit vermindert, nach etwa 2 Tagen steigen beide auch ohne Fieber. Durch Flüssigkeitsinjektion in die Gefässe steigt bei Thieren die Harnausscheidung nach Blutverlusten wieder an, ebenso verhält sich die Galleausscheidung, die bei Blutverlusten auch sehr vermindert (cf. S. 324, 333). Auch hydropische und exsudative Ergüsse vermindern die Harnausscheidung. Bei Ruhr fand ich äusserst geringe tägliche Harnstoffmengen.

**Die Nieren als Entgiftungsorgane des Körpers.** — Schon oben wurde ausgeführt, dass die Nieren wie die Lungen den Zweck haben, aus dem Körper »Gifte« zu entfernen, die im Gewebsumsatz entstehen oder, wie z. B. die Kalisalze, in der Nahrung überreichlich enthalten sind. So lange die Nieren normal functioniren, geschieht die Ausscheidung der Gifte so rasch, dass sie wenig Wirkung entfalten können. Bei Störungen in der Nierenfunction kann das aber ganz anders werden. Hier werden sich die Wirkungen giftiger Substanzen, die normal durch den Harn rasch ausgeschieden werden, sehr steigern können. Ein Beispiel ist hier an die Kalisalze zu denken. CL. BERNARD u. A. haben durch den Versuch nachgewiesen, dass Stoffe, die, ins Blut gebracht, giftig, vom Magen aus aber nicht giftig wirken (Zurare), sogleich ihre Wirkung auch von dort aus entfalten, wenn die Nierengefässe durchschnitten wurden.

**Ursachen der Harnvergiftung des Blutes.** entsteht dann, wenn durch gehemmte Nierenfunction die in den Körperorganen gebildeten Harnbestandtheile im Blute zurückgehalten werden (z. B. in Folge von Nierenleiden, bei Cholera etc.). Dieser Zustand hat in neueren Zeiten das Interesse der Aerzte auf sich gelenkt. Man hatte früher die komaartigen Zustände, die Zuckungen und Krämpfe, welche auf Unterdrückung der Nierenfunction hindeuten, allein dem gesteigerten Gehalt des Blutes an Harnstoff zugeschrieben. Die Untersuchungen ZALESKY's haben ergeben, dass urämische Erscheinungen (Koma) auch bei Vögeln vorkommen, denen er die Nieren ausgeschnitten oder die Ureteren unterbunden hatte, welche Thiere normal keinen Harnstoff bilden und entleeren. Ihr Harn besteht hauptsächlich aus Harnsäure. Es ist damit der Beweis geliefert, dass der Harnstoff bei den urämischen Erscheinungen nicht allein beschuldigt werden darf. Es kommen neben ihm noch andere Stoffe und Agentien zur Wirkung, welche Veränderungen der normalen Zustände des Gehirns und der Nieren hervorbringen. TRAUBE zeigte, dass schon ein gesteigerter Gehalt des Gehirns (Oedem), wie er in Folge der verminderten Nierenausscheidung vorkommt, komaartige Zustände, die der Urämie ähneln, erzeugen könne. MEISSNER beobachtete in seinen Versuchen, dass nach Einspritzung von Kreatinin ins Blut von Hunden

bei diesen Mattigkeit und Zuckungen eintreten. Nach den Untersuchungen von CL. TRAUBE und mir über die Wirkung der Kalisalze stehe ich nicht an, auszusprechen, Theil des Symptomencomplexes der Urämie sich auf die Aufhäufung von Kali im Blute, die durch den Harn nicht entfernt werden können, beziehen. Wir haben ein combinirtes Resultat vor uns, an dessen Hervorbringung sich verschiedene Einflüsse einander theilweise ersetzen können, betheiligen. Dem Harnstoff muss aber unstreitig eine wichtige Rolle bei der Erzeugung der Urämie zugeschrieben werden. Ich habe den, dass der Harnstoff für den animalen Organismus (Frosch) ein Gift ist. MEISSNER, dass Harnstoff, in Dosen von 1—2 Gramm Kaninchen in das Blut eingespritzt, Komplikationen hervorrief. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich, dass der Harnstoff Organe und Gewebe des Körpers unschädlich ist, mit einziger Ausnahme einer ganz begrenzten Partie im Gehirn, deren normale Thätigkeit er durch seine Anwesenheit wie wir das bei den »ermüdenden Stoffen« in Beziehung auf den Muskel finden hindert. Die durch die Harnstoffeinspritzung betroffene Hirnpartie liegt zwischen dem Grosshirn und der Mitte der Vierhügel (Frosch) wohin SERSCHENOW das von ihm fundierte Reflexhemmungscentrum verlegt. Die Wirkung der Harnstoffinjection ist mir primär eine Reizung des Reflexhemmungscentrums zu sein, aus der sich allmähliche Hemmung des gesammten peripherischen Reflexapparates entwickeln kann. Alle Reflexe sind daher nach der Harnstoffinjection zuerst träger, dann hören sie ganz auf, während mark, periphere Nerven und Muskeln sonst keine Veränderung ihrer Lebensseiger erkennen lassen. Da neben den Reflexen auch die Spontanbewegungen nach Harnstoffinjection aufgehoben sind, so scheint der Harnstoff auch auf das nervöse Organ des W. (den Gehirnhemisphären?) lähmend zu wirken. Ganz analog wie Harnstoff wirkt auch nach meinen Beobachtungen Hippursäure; MEISSNER konnte keine Wirkung von Kreatin, Bernsteinsäure sehen; Harnsäure und harnsaures Natron fand ich ganz unwirksam. Aus diesen physiologischen Mittheilungen hervor, dass gegen Urämie die Erregung der Nierenthätigkeit helfen kann. Blutentziehung kann, da sie dem Körper Blute auch die Urämie erzeugenden Stoffe entzieht und eine Aufnahme derselben aus dem Gewebe in das Blut hervorbringt, wodurch die Gewebe mehr oder weniger von ihnen befreit werden, eine momentane Besserung der Erscheinungen bewirken.

Zur qualitativen Reaction auf Kreatinin (resp. Kreatin) empfiehlt man die Kreatininlösung kalt mit einigen Tropfen einer sehr verdünnten Lösung von Natriumnitrat und dann mit verdünnter Natronlauge zu versetzen, es tritt dann eine schön rothe Färbung auf. In 5<sup>cc</sup> Harn kann man auf diese Weise das Kreatinin nachweisen, wenn man durch Erwärmen und Alkoholzusatz beeinträchtigen die Reaktion; Flüssigkeiten, welche kein Kreatin enthalten, z. B. Harn nach längerem Stehen, geben die Reaktion nicht, tritt aber ein, nachdem man durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure das Kreatin in Kreatinin verwandelt hat.

Zur quantitativen Bestimmung der Harnsäure verwendet man 100—200<sup>cc</sup> Harn, dem man 5<sup>cc</sup> concentrirter Salzsäure und lässt sie 48 Stunden stehen. Nach dieser Zeit hat sich an dem Boden und den Wänden des zur Ausscheidung benutzten Becherglases die Harnsäure in mehr oder weniger grossen, gefärbten Krystallen angesetzt. Man entfernt sie vollkommen unter Zuhilfenahme einer kleinen abgestutzten Federfahne auf einem bei 100<sup>°</sup> C. im Uhrglasapparat getrockneten aschefreien Filter zu sammeln. Nun wird so lauwarmes Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser durch salpetersaures Silberoxyd nicht mehr trüblich gefällt wird, also keine Salzsäure (Chlor) mehr enthält. Dann wird das Filter mit Wasser gewaschen und gewogen, vom Gewicht des Filters abgezogen. Aus der in 100 oder 200<sup>cc</sup> Harn gefundenen Harnsäuremenge rechnet man auf die während eines Tages ausgeschiedene Gesammtmenge. Wir hätten wir z. B. 0,04 Gramm trockene Harnsäure gefunden. Wenn in 24 Stunden



ern entleert werden, so beträgt die Gesamt-Harnsäurequantität während dieser Zeit:

$$\frac{1500 \cdot 0,04}{100} = 0,6 \text{ Gramm.}$$

Die Harnsäure ist in Wasser etwas löslich. Nach ZABELIN und VOIT wird der dadurch begangene Fehler corrigirt, wenn man das Filtrat mit dem Waschwasser misst und auf je 100 cc der gesammten Waschflüssigkeit 0,0045, nach SCHWABERT 0,0048 Gramm zu der gewogenen Harnsäurequantität addirt. SALKOWSKI und MALY übersättigen das Filtrat mit einer ammoniakalischen Magnesiamixtur, filtriren ab und fällen die noch restirende Harnsäure aus dem Filtrat mit einer ammoniakalischen Silberlösung, als Doppelsalz von harnsaurem Silber und harnsaurem Alkali oder Erdkalk. — **Bemerkungen für den Arzt.** — In der Leukämie mit Vergrösserung findet sich die tägliche Harnsäuremenge sowohl absolut als relativ zum Harn bedeutend vermehrt (H. RANKE). Im Fieber, wenn die Harnstoffausscheidung gesteigert zeigt sich meist auch eine correspondirende Harnsäurevermehrung. In der chronischen Nephritis ist die Harnsäuremenge im Harn vermindert. Im Diabetes mellitus soll zuweilen Harnsäure im Harn ganz fehlen, zuweilen ist sie in normaler Menge vorhanden. Grosse Dosen schwefelsauren Chinins vermindern bei Gesunden die Harnsäure im Harn (H. RANKE). In der Besprechung der Stoffvorgänge in der Milz wurde schon erwähnt, dass H. RANKE in diesem Organe die Hauptstätte der Harnsäurebildung vermuthet. — Der qualitative Nachweis der Harnsäure wird bei Besprechung der Sedimente gegeben werden.

**Cystin im Harn Cystinurie.** — Das Cystin findet sich gelöst im Harn und als Sediment. LÖNNBERG beobachtete einen solchen Fall, der lediglich mit »Verdauungsbeschwerden« behaftet war. Die Cystinmenge des Harns betrug im Mittel in 24 Stunden 0,893 Gramm. 10 cc Harn wurden mit 20 cc Essigsäure versetzt, das Sediment: Cystin, Harnsäure, oxalsaures Cystin und mitunter harnsaures Natron ? nach 24 Stunden abfiltrirt, gewaschen und gewogen. Dann wurde es nochmals angefeuchtet, mit etwas verdünnter Salzsäure das Cystin gelöst, der Rückstand wieder getrocknet und gewogen, die Differenz zwischen beiden Wägungen als Cystin in Rechnung gebracht. Die Formen der Cystinkrystalle cf. Fig. 439.

**Die Phenolausscheidung im Harn** sinkt bei manchen Krankheiten unter und steigt bei anderen über die Norm, letzteres bei acuter Peritonitis, traumatischem Tetanus und septischen Zuständen stinkendem Empyem, Puerperalfieber, nach Einnehmen grösserer Mengen von Typhoid (SALKOWSKI, L. BAIEGER). Bei Hühnern tritt nach CHRISTIANI nach Fleischfütterung Phenol im Harn auf. Phenol hat giftige Wirkungen, es erregt zuerst Reflexkrämpfe.

**Der Nachweis des Chlors im Harn** geschieht qualitativ durch Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd in Lösung, wodurch ein weisser, käsiger Niederschlag entsteht, der sich beim Stehen am Lichte schwärzt: Chlorsilber, leicht löslich in Ammoniak.

KLASZINSKI lehrte eine einfache Titrimethode zur quantitativen Bestimmung des Chlor-, resp. Kochsalzgehaltes im Harn. Zu dieser Bestimmung bereitet man sich eine Lösung von reinem, geschmolzenem, salpetersaurem Silberoxyd, von dem man 29,063 Gramm abmessen, in Wasser löst und die Lösung bis zu einem Liter verdünnt. Die Lösung wird gut geschüttelt, vor Licht geschützt in schwarzen Flaschen gut verschlossen aufbewahrt. 1 cc dieser Lösung entspricht 10 Milligramm Chlornatrium oder 6,07 Milligramm Chlor. Um die Chlorbestimmung im (eiweissfreien) Harn vorzunehmen, bringt man von ihm 10 cc in ein Reagenzglas, setzt einige Tropfen einer concentrirten Lösung von neutralem chromsaurem Kalium hinzu und lässt nun aus der Burette von der Silberlösung so lange zufließen, bis der beim Einfallen der Tropfen entstehende Niederschlag auch nach gutem Mischen der Flüssigkeit roth bleibt. Die erste bleibende Röthung zeigt an, dass nun alles Chlor ausgefällt und mit Silber an Chromsäure gebunden ist. Nach Ablesung der bis zum Rothwerden verbrauchten Silberlösung ist die Berechnung der Analyse genau nach den oben für die Titrimethode angegebenen Regeln vorzunehmen. Nach HOFER-SNYLER hat man von den verbrauchten Centimetern der Silberlösung für 10 cc Harn 1 cc abzuziehen, da die Resultate der Titrirung sonst zu gross ausfallen. — Bei exsudativen Entzündungsprocessen, bei denen viel Exsudat in den Harnabgang gelangt wird, sowie bei Ausscheidung von Kochsalz

durch den Darm oder durch starkes Schwitzen liegt die Kochsalzausscheidung im Harn nieder, mit der Resorption der Exsudate steigt sie wie mit dem Aufhören der krank Darmausscheidung.

**Die Bestimmung der Phosphorsäure im Harn.** — Essigsaures Uran gibt mit phosphorsauren Verbindungen in essigsaurer Lösung einen hellgrauen, flocculösen Niederschlag. In sauren Uranoxydlösungen gibt Ferrocyankalium einen dunkelbraunen Niederschlag. Durch einen Zusatz von Ferrocyankalium kann also in einer essigsauen Flüssigkeit, in welcher man die Phosphorsäure mit essigsaurem Uranoxyde gefällt hat, ein Ueberschuss von Uranoxyd nachgewiesen werden. Darauf gründet sich das Titirverfahren bei Bestimmung der Phosphorsäure in Lösungen und im Harn. Man bedarf:

- 1) Ferrocyankaliumlösung von unbestimmter Concentration.
- 2) Eine Normallösung von phosphorsaurem Natron von bekanntem Phosphorsäuregehalt. Das käufliche phosphorsaure Natron wird aus heissem Wasser unkrySTALLISIRT, gut abgetrocknet, zerrieben und zwischen Filtrirpapier nochmals abgepresst. Davon wiegt man 10,085 Gramm ab, löst sie in Wasser und verdünnt die Lösung, bis sie gerade 1 Liter beträgt. 100<sup>cc</sup> der Lösung enthalten 1 Gramm Phosphorsäure.
- 3) Eine Lösung von Essigsäure und essigsaurem Natron. Man mischt dazu 100 Gramm krySTALLISIRTES, essigsaures Natron in Wasser, fügt 100<sup>cc</sup> starke Essigsäure hinzu und verdünnt mit Wasser bis zu 1 Liter.
- 4) Titrirte Lösung von essigsaurem Uran. Um sie herzustellen, löst man käufliches Uranoxyd in reiner Essigsäure und verdünnt mit Wasser. Diese Lösung titirt man auf die Normalphosphorsäurelösung und verdünnt dann so, dass 1<sup>cc</sup> der Lösung gerade 0,005 Gramm Phosphorsäure entspricht.

— Zur Ausführung der Phosphorsäurebestimmung im Harn bringt man 50<sup>cc</sup> des Harns in ein Becherglas, fügt 5<sup>cc</sup> der Essigsäuremischung zu, erhitzt auf dem Wasserbade und lässt nun von 1<sup>cc</sup> zu 1<sup>cc</sup> von der titrirten Uranlösung so lange zufließen, bis ein Tropfen der Flüssigkeit, den man auf eine weisse Porzellanplatte mit dem Glasstabe gebracht hat, mit einem Tropfen Ferrocyankalium, den man von der Seite her in den ersten Tropfen einfließen lässt, eine erkennbare bräunliche Färbung gibt. Rechnung wie oben. — Nach heftigen Muskelkrämpfen (Chorea major) fand ich die Phosphorsäureausscheidung bedeutend vermehrt.

**Die Bestimmung der Schwefelsäure im Harn.** — Man titirt mit einer Lösung von Chlorbaryum und sucht den Punkt, wo in einem klaren Tropfen der Lösung ein gesetzter Tropfen einer schwefelsauren Natronlösung eben eine weisse Trübung hervorbringt zum Zeichen, dass man einen Ueberschuss von Chlorbaryum zugesetzt hat. Man bedarf zu nur einer Chlorbaryumlösung von solcher Concentration, dass 1<sup>cc</sup> 10 Milligramm Schwefelsäure fällt. Man bereitet sie durch Auflösen von 30,5 Gramm krySTALLISIRTEM gepulvertem, lufttrockenem Chlorbaryum und Verdünnen der Lösung bis zu 1 Liter. Man nimmt von dieser Lösung 100<sup>cc</sup> ab und verdünnt sie auf ein Liter, so entspricht von dieser verdünnten Lösung, welche für feinere Bestimmungen sich empfiehlt, 1<sup>cc</sup> nur 0,001 Gramm Schwefelsäure. — Zur Bestimmung der Schwefelsäure werden 50<sup>cc</sup> Harn in einem Kölbchen mit etwas Salzsäure versetzt und auf freiem Feuer aufgeköcht. Zur siedenden Flüssigkeit setzt man Cubikcentimeterweise die Barytlösung aus einer Burette zu, schüttelt gut und lässt den entstandenen Niederschlag sich absetzen, was sehr rasch eintritt. Dann nimmt man nach Vor mit einem breiten Glasstabe von der obenstehenden, klaren Flüssigkeit einen Tropfen heraus, bringt ihn in ein Uhrglas und setzt einen Tropfen Chlorbaryumlösung zu. Entsteht dadurch eine Fällung von Schwefelsäure (weisse Trübung), so hat man noch mehr Chlorbaryum aus der Burette zufließen zu lassen. Zu diesem Zwecke köcht man das Kölbchen den Harn von Neuem und tropft dann die Barytlösung ein, schüttelt wieder um und lässt absetzen. So fährt man fort, bis Chlorbaryum keinen Niederschlag mehr bewirkt, nun ein solcher mit schwefelsaurem Natron eintritt. Hat man den Harn mit Salpetersaurem Natron verbrannt und bestimmt nun die Schwefelsäure, so ergibt die Bestimmung einen unbeträchtlich höheren Schwefelsäuregehalt als im frischen Harn. Man erhält dabei einmal einen schwefelhaltigen Körper, der

anten). Nach SALKOWSKI wäre dieser Körper Taurin nach Kürz dagegen zum Theil Adankalium. Es soll auch unterschwefelige Säure im Harn mancher Hunde vorkommen. (MILDEBERG); über gepaarte Schwefelsäuren im Harn cf. oben S. 584.

**Schwefelwasserstoff im Harn** ist mit Papier, das man mit essigsaurem Blei und etwas Ammoniak befeuchtet hat, durch die eintretende Schwärzung des Papiers nachzuweisen. Ein kleiner Lösung von Nitroprussidnatrium und einem Tropfen verdünnter Natronlauge feuchteter Papierstreifen färbt sich durch Schwefelwasserstoff purpurroth. Zum Nachweis legt man Harn in eine Glasflasche, hängt das Reagenspapier in dieselbe ein und befestigt mit dem Kork der Flasche. Der Geruch des schwefelwasserstoffhaltigen Harnes ist in dem des reinen Schwefelwasserstoffs verschieden. — Man konnte bisher sein Auftreten im Harn bei manchen Krankheitszuständen nicht erklären. In allen von mir beobachteten Fällen enthielt solcher Harn Eiter. SCHÖNBEIN fand, dass jeder Harn, den man mit amalirten Zinkspänen und Salzsäure versetzt, Schwefelwasserstoff entwickelt. Neuerdings ist angegeben, dass dazu ein Säurezusatz allein genügt. Mit Zinkspänen entwickelt nach meinen Versuchen jeder Harn mit jeder Säure Schwefelwasserstoff. In sehr saurem Leichenharn nach Typhus sah ich freien Schwefelwasserstoff in bedeutender Menge. Bei einem Patienten, dessen Harn einige Tage mit dem Katheter abgenommen war, fand ich Schwefelwasserstoff in dem frisch entleerten, sauer reagirenden Harn, so dass unzweifelhaft der Schwefelwasserstoff schon in der Blase gebildet war. Im Athem konnte ich ihn jedoch nicht nachweisen. Dieser Harn hatte in hohem Grade die Fähigkeit, aus andern Harnen, denen nur wenig Tropfen zugesetzt war, Schwefelwasserstoff zu entwickeln. Es zeigte sich, dass diese Fähigkeit sich an organisirte Beimischungen, Fermente, knüpfte, die in dem schwefelwasserstoffhaltigen Harn enthalten waren. Die in ihm entstehenden Schimmel- und Gährungsfermente, in normalen Harn gebracht, nach einigen Tagen Schwefelwasserstoffentwicklung. Der so geimpfte Harn konnte seinen eigenthümlichen Zersetzungs Vorgang durch die ihm entstandenen Organismen wieder auf einen dritten überpflanzen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass wir es bei der Schwefelwasserstoffentwicklung im Harn mit einer Gährungserscheinung zu thun haben, die ich als Schwefelwasserstoffgährung bezeichne. Von selbst habe ich sie in normalen Harnen niemals auftreten sehen, wenn ich von dem zweifelhaften Falle absehe. Die Schwefelwasserstoffgährung geht nur in sauren und alkalischen Harnen vor sich, sie sistirt in stark alkalischen, aus denen man auch mit Zinkspänen keinen Schwefelwasserstoff entwickeln kann. Die Quelle, welche den Schwefel für die Schwefelwasserstoff in der Schwefelwasserstoffgährung liefert, ist der oben bei der Schwefelsäurebestimmung genannte schwefelhaltige Harnbestandtheil, der durch die Schwefelwasserstoffentwicklung vermindert wird und schliesslich verschwindet, wie mir directe Bestimmungen ergeben haben. Das Ferment, welches die Schwefelwasserstoffgährung im Harn erzeugt, konnte ich bisher nicht näher bestimmen. Ein Zusatz von einer Anzahl fauliger Substanzen zu normalem Harn ergab mir negative Resultate.

## Die Harnsedimente. Ihre Entstehung und Untersuchung.

In manchen Fällen wird der Harn schon trüb aus der Blase entleert. Bei längerem Stehen setzt sich dann häufig ein Bodensatz ab, während die überstehende Flüssigkeit klar wird. Häufiger ist es, dass sauer reagirender Harn vollkommen klar ausgeschieden wird und erst beim Erkalten sich trübt und ein mehr oder weniger rothes Sediment, »Ziegelmehl«: Phosphorsäure und harnsaures Natron mit harnsaurem Kalk fallen lässt. Nach längerem Stehen sedimentirt jeder normale Harn, da er dann alkalisch wird. Man glaubte früher, dass das Auftreten eines Niederschlags in klar entleertem saurem Harn auf einer eigenthümlichen Gährungserscheinung beruhe, die man saure Gährung nannte. Der saure Harn soll nach einiger Zeit anfangen, mehr Säure (Milchsäure) zu bilden, so dass die saure Gährung einsetzt. Diese neugebildete Säure sollte nun ebenso wirken

wie ein Säurezusatz zum Harne, durch welchen wir eine Ausfällung der Harnsäure eintreten sehen. In der Mehrzahl der Fälle tritt das Sedimentiren aber sicher aus einem viel näher liegenden Grunde ein. Im Harne sind alle Salze als saure Verbindungen vorhanden. Die saure Harnreaktion rührt vor Allem von saurem phosphorsaurem Natron oder Kali her. Die Harnsäure ist im Harne, meist an Natron gebunden, als saures harnsaures Natron gelöst. Die Löslichkeit dieses Salzes ist nicht sehr gross und sehr von der Temperatur des Lösungsmittels abhängig. Jeder Krankenwärter weiss, dass in einer kalten Nacht, wenn es auch in den Krankensälen kalt geworden ist, fast alle Harne sedimentiren. Der Grund, warum ein Niederschlag (harnsaures Natron) eintritt, liegt also oft einzig in der Abkühlung des Harnes. Wenn der Harn, wie es besonders bei sparsamer Harnmenge in fieberhaften Krankheiten etc. vorkommt, für die Temperatur des Körpers nahezu mit harnsaurem Natron gesättigt ist, so wird er sedimentiren, sobald er, aus der Blase entleert, anfängt abzukühlen. Bei weniger concentrirten Harnen fällt bei der Normal-Zimmertemperatur noch nichts heraus, hier bedarf dazu einer stärkeren Temperaturerniedrigung. Dass es sich bei den meisten Sedimentirungen im sauren Harn um dieses Verhältniss handelt, geht daraus hervor, dass die Sedimente verschwinden, wenn man den Harn auf die Bluttemperatur erwärmt. Das saure phosphorsaurer Natron wirkt auf das harnsaure Natron schliesslich auch zersetzend ein (HOFMANN), so dass wie durch eine freie Säure reine Harnsäure aus jedem Harn abgeschieden werden kann. Die ältere Medicin pflegte sedimentirende Harne »kritische Harne« zu nennen. Man dachte sich die krankmachende Ursache direct als einen Stoff, den der Organismus auszustossen hätte, um wieder zur Norm zurückzukehren. Man nahm dazu »kritische Entleerungen« durch die Respirationsorgane, den Darm, den Schweiss und namentlich den Harn an. Im letzteren schien am leichtesten die *Materia peccans* anschaulich zu werden; man nahm die Trübung des sonst klaren Harnes direct für eine solche. — Das Auftreten einer stärkeren Sedimentirung im sauren Harne bedeutet nur, dass der Harn entweder durch bedeutende Zersetzungen oder durch Wassermangel concentrirter als gewöhnlich ist. Der letztere Grund ist bei weitem der häufigere. Man würde sehr irren, wenn man annehmen würde, dass das ziegelrothe Sediment im Harn bedeute, es habe eine Mehrausscheidung von Harnsäure stattgefunden. In den allermeisten Fällen findet sich in (von harnsaurem Natron) sedimentirenden Harnen die Harnsäure absolut nicht vermehrt, wenn wir nicht procentig, sondern auf eine bestimmte Zeit der Ausscheidung rechnen. Im Fieber erscheint die Wasserabgabe durch die Perspiration meist gesteigert, daher finden wir hier, gerade so wie bei starken Märschen, bei denen man geschwitzt hatte, oder noch mehr nach Schwitzbädern, den dann sparsamen Harn fast regelmässig sedimentirend. Schon HIPPOKRATES kannte diese Wirkung des Schwitzens.

Wenn der Harn längere Zeit steht, so bilden sich in ihm Zersetzungsvorgänge aus, beruhend auf der Anwesenheit organisirter Fermente, Kernhefe, Fadenpilze, Spaltpilze, Konferven, Algen, Infusorien etc., Gährungserscheinungen, welche zu einer Umsetzung des Harnstoffs in kohlensaures Ammoniak führen. Dadurch nimmt die saure Reaktion des Harnes ab, er wird neutral und hierauf von Tag zu Tag stärker alkalisch. Der Harn brannt dann mit Säure (Kohlensäureentwicklung) und wird trüb. Es setzt sich ein weisses Sediment ab, bestehend aus den durch das Ammoniak ausgefällten Erdphosphaten: phosphorsaurem Kalk, phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia neben harnsaurem Ammoniak. Diese alkalische Gährung tritt bei verschiedenen Harnen zu sehr verschiedenen Zeiten ein. Während sich saurer Harn, an kühlem Orte bedeckt (am besten unter einer Oelschicht) aufbewahrt, sehr lang unzersetzt hält, wird mancher Harn, namentlich bei krankenhaften Zuständen der Blasenschleimhaut, wenn Blasenschleim oder Eiter etc. dem Harne beigemischt ist, entweder aus der Blase alkalisch entleert, oder wenn er bei seinem Austritt noch sauer reagirte, so nimmt er doch sehr rasch die alkalische Reaktion an. Es leuchtet ein, dass, abgesehen von anderen Gründen, die beiden Ursachen der Sedimentirung: sehr starke saure Reaktion eines concentrirten Harnes, wodurch Harnsäure abgeschieden werden kann, oder alkalische Reaktion des Harns in der Blase zur Bildung von Niederschlägen in der Blase

**Bildung von Niederschlägen in der Blase selbst und damit zur Entstehung des schmerzhaften und gefährlichen Leidens der sogenannten Harnblasensteine** Veranlassung geben. Sitzt der krankhafte Process in den Nierenbecken oder Ureteren, so können sich Concretionen verschiedener Art: Nierensteine ansetzen, welche bei ihrer Ablösung Ausstossung, während sie den Ureter passiren, die bekannten, qualvollen Schmerzen in Nierengegend gegen die Blase zu erzeugen.

Die mikroskopische Analyse der Harnsedimente gibt für den Arzt meist genügenden Aufschluss über das Wesen derselben. Das Mikroskop zeigt hier und da im Harn Formelemente, welche das freie Auge nicht als Sediment erkannt hat. Es sind das, abgesehen von Blutkörperchen, vor Allem Epithelzellen aus der Blase und den übrigen Harnwegen, welche als zufällige Bestandtheile in jedem Harne entstanden sind. Ebenso etwas klein mit Schleimkörperchen. Bei krankhaften Zuständen der Nieren (Harncanälchen) liegt sich im Harne auch das Epithel der Harncanälchen. Diese Zellen lassen sich durch ihre bekannte Gestalt (cf. S. 567) erkennen. Manchmal findet man sie mehr vereinzelt oder zu mehreren zusammenhängend, manchmal bekommt man ein cylindrisches Stück eines zusammenhängenden Epithelbeleges eines Canälchens zu sehen: Epithelcylinder, dann meist mit undeutlichen Zellengrenzen, aber deutlichen Kernen. Meist sind die Zellen in verschiedenen Stadien des Zerfalles. Ausser diesen cylindrischen Gebilden kommen noch andere mehr oder weniger durchsichtige Cylinder vor, welche, in eine hyaline Substanz eingebettet, noch erkennbare Epithelzellen führen, oft nur noch molekulär zerfallene Masse erkennen lassen: es sind die sogenannten Fibrincylinder, welche einen Fibrinabguss der Harncanälchen darstellen. Sind sie fast ganz ohne Körncheneinlagerung, durchscheinend, so werden sie als hyaline Cylinder bezeichnet. Sie gehören fortgeschrittenen Nierenleiden an.

Die Sedimente können bestehen aus:

I. unorganisirten Stoffen; in saurem Harn: harnsaures Natron, phosphorischer Kalk, Fett, oxalsaurer Kalk, Harnsäure, Cystin; im alkalischen Harn: phosphorische Ammoniakmagnesia, harnsaures Natron.

II. organisirten Körpern: Schleimgerinnsel und Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, den oben beschriebenen Harncylindern, Spermatozoiden, Gährungs- und Fadenpilzen, Epithelzellen der Nierencanälchen und Harnwege.

### Schema zur Mikroskopie der Sedimente (nach NEUBAUER).

Vor der Untersuchung des sedimentirenden Harnes ist es nothwendig zu wissen, ob der Harn frisch gelassen ist oder ob er vielleicht schon durch die Harngährung eine Veränderung erfahren hat. Dann prüft man die Reaction auf Pflanzenpapier, lässt, wenn nöthig, in einem geschlossenen Glase das Sediment sich absetzen, giesst die überstehende Flüssigkeit ab und legt einen Tropfen, der reich an Sediment ist, auf ein Objectglas.

#### A. Der Harn reagirt sauer.

1. Das ganze Sediment ist amorph, es zeigen sich keine Krystalle.

a) Das Sediment löst sich bei dem Erwärmen einer Portion des sedimentirenden Harnes in einem Proberöhrchen oder auf dem Objectglase vollkommen auf. Es deutet dieses auf saure Salze. Man setzt zu einem Tropfen des Sedimentes auf dem Objectglase einen Tropfen Salzsäure und lässt  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{2}$  Stunde stehen. Bei Gegenwart von Harnsäure sind nach kurzer Zeit rhombische Tafeln von Harnsäure gebildet (Fig. 488). In den meisten Fällen ist derartige Sediment mit mehr oder weniger Harnfarbstoff roth gefärbtes harnsaures Natron (Ziegelmehl) (Fig. 487).

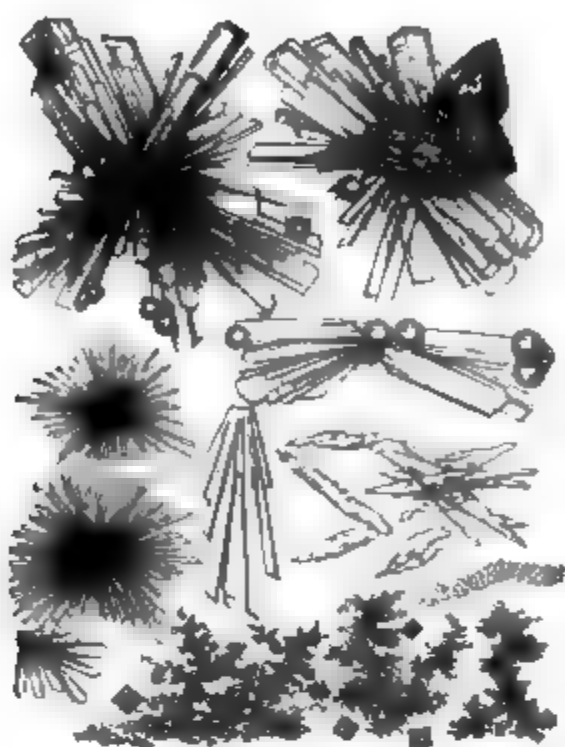
b) Das Sediment löst sich beim Erwärmen nicht auf, wohl aber in Essigsäure ohne Brausen. Es ist wahrscheinlich phosphorsaurer Kalk. Der Beweis kann nur chemisch (siehe Harnsteine) geliefert werden.

c) Finden sich unter dem amorphen Sedimente oder auf der Oberfläche des Harns stark



lichtbrechende, silberglänzende Tropfchen, die in Aether löslich sind, so deuten diese auf Fett (sehr selten).

Fig. 137.



Krystalle und amorpher Niederschlag des harnsauren Natron.

Fig. 138.



Harnsäure in ihren verschiedenartigen Krystallformen. Bei a *ac* Krystalle, wie sie bei Zersetzung harnsaurer Salze erhalten werden; bei b Krystallisationen der Harnsäure aus dem menschlichen Harn; bei c sogenannte Dumb-bells.

## II. Das Sediment enthält ausgebildete Krystalle.

a) Kleine glänzende, vollkommen durchsichtige, das Licht stark brechende Quaderoktaëder, mit Briefcouvertform, welche in Essigsäure unlöslich sind: oxalsaurer Kalk (Fig. 139 und 137).

b) Vierseitige Tafeln oder sechseckige Platten von rhombischem Habitus, aus denen durch Abrundung der stumpfen Winkel spindel- und fassförmige Krystalle entstehen: Harnsäure (Fig. 138 b.). Meistens sind diese

Fig. 139.



Krystalle des oxalsaureren Kalks.

Fig. 140.



Krystalle des Cystin.

Sedimente mehr oder weniger gelbbraun gefärbt. Zur Bestätigung löst man das Sediment in einem Tropfen Natronlauge auf dem Objectglase, und einen Tropfen Salzsäure hinzu und beobachtet die I. a) beschriebenen Krystallformen.

c) Reguläre sechseckige Tafeln, die sich in Salzsäure und Ammoniak auflösen, beim Erhitzen verkohlen und verbrennen (und die, mit einer Lösung von Bleioxyd in Natronlauge gekocht, eine Ausscheidung von Schwefelblei erzeugen) bestehen aus Cystin (äußerst selten) (Fig. 140).

## III. Das Sediment enthält organisirte Körper (Fig. 141).

a) Gewundene Streifchen, welche aus reihenförmig geordneten, sehr feinen Punkten und Körnchen (amorpher Masse) bestehen, sind Schleimgerinnsel, oft begleitet von harnsaurem Natron, das fast ebenso aussieht.

b) Kleine, manchmal contrahirte, runde, granulirte Zellen, meist an einander gelagert unter a) beschriebenen Schleimmassen, sind Schleimkörperchen.

c) Kreisrunde, schwach biconcave, das Licht stark brechende Scheibchen, meistens gleich oder mit einem rothen Punkt in der Mitte, sind Blutkörperchen. Es finden sich auch kugelig aufgequollene (in sehr verdünntem Harn) sowie geschrumpfte, eckig zackige Formen (im concentrirtem Harn). Essigsäure macht sie stark aufquellen und löst sie nach einiger Zeit.

d) Kugelige, blass, matt granulirte kleine Zellen von etwas verschiedener Grösse, die durch **igsture** bedeutend aufquellen, ihr granulirtes Ansehen verlieren und Kerne von verschiedener **m** und Gruppierung erkennen lassen, sind Eiterkörperchen oder Schleimkörperchen.

e) Cylindrische Stücke ist etwas gebogen, entweder fast ganz durchhtig, oder mit Körnchen **hr** oder weniger durchht, auch mit Epithelzellen der Harncanälchen, **nd** die Harnocylinder: **pline** Cylinder **e. i.** oder **pithelcylinder f. g. h.** (Fig. 141).

f) Spermatozoiden kennt man an der charakteristischen Gestalt (Fig. 142).

g) Gährungs-, Faden- u. Spaltpilze besonders in diabetischem, **urendem** Harn (Fig. 143).

Fig. 141.



Organisirte Harnbestandtheile.

a Schleim- und Eiterzellen. b Drüsenzellen der Harncanälchen, theils mit Fett erfüllt, theils im Zerfall begriffen. c Pflasterepithelien der Blase. d Blutzellen. e, f, g, h, i verschiedene Erscheinungsformen der Fibrincylinder.

Fig. 142.



Samenfäden des Menschen. 1. 350mal vergr. 2. 800mal vergr. a Von der Seite. b Von der Fläche.

## B. Der Harn ist alkalisch.

### 1. Das Sediment enthält Krystalle.

a) Combinationen des rhombischen vertikalen Prismas, mit Sargdeckeln Aehnlichkeit haben, dabei löslich in **igsture** sind und beim Erwärmen mit Natronlauge Ammoniak entwickeln (ein befeuchtetes gelbes Kurkumapapier **ant** sich, über die Dämpfe gehalten), sind phosphore Ammoniak-Magnesia (Fig. 144).

Sollte mit diesen oxalsaurer Kalk (Fig. 143) vorkommen, behandelt man das Sediment auf dem Objectgläschen

Fig. 143.



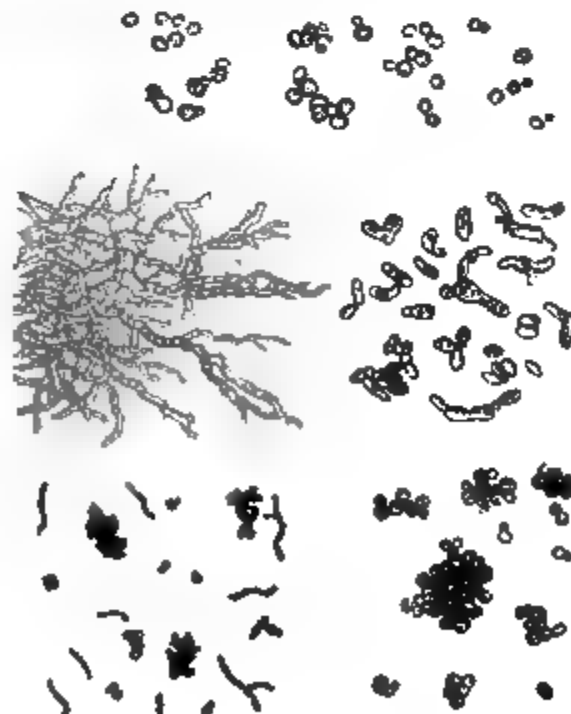
Krystalle der phosphorenen Ammoniak-Magnesia.

Fig. 144.



Ausscheidungsformen des harnsauren Ammoniaks aus alkalischem Harn neben Krystallen des oxalsaurer Kalks und der phosphorenen Ammoniak-Magnesia.

Fig. 145.



Gährungs-, Schimmel- und Vibrionenbildung im Harn.

mit einem Tropfen Essigsäure; die Krystalle der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia werden sich lösen, während die Briefcouvertformen des oxalsauren Kalks ungelöst zurückbleiben.

b) Sedimente von Tyrosin bei acuter Leberatrophie (auch im sauren Harn, cfr. S. 81 Fig. 54).

c) Kugelige undurchsichtige Massen, stechapfelartig mit feinen Spitzen besetzt oder drüsenförmige Conglomerate aus kleinen keulenförmig gebogenen Körpern sind harnsaures Ammoniak (Fig. 444).

II. Das Sediment enthält amorphe Massen.

In einem alkalischen Harn bestehen diese aus phosphorsaurem Kalk.

III. Das Sediment enthält organische Körper.

Dieselben, welche unter A. III. a—g angeführt wurden; ausserdem Gährungs-, Faden- und Spaltpilze, Infusorien, Konferven (Fig. 445).

### Harnsteine und ihre Bestimmung.

Die Blasen- und Nierensteine des Menschen bestehen aus: Harnsäure, harnsauren Salzen, Xanthin, Cystin (Cholesterin), Indigo, phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, oxalsaurem Kalk, phosphorsaurem Kalk, kohlsaurem Kalk, Fett und eiweissähnlichen Verbindungen wie Schleim, Epithelien, Blutkoagula etc. Auch Harnröhrensteine aus «Phosphaten» bestehend, hat man beobachtet. — Im Folgenden schliessen wir uns hauptsächlich v. GORUP-BESANZ' Angaben an.

1) Die Harnsteine bestehen am häufigsten grösstentheils oder ganz aus Harnsäure. Sie sind dann meist hart, von rothbrauner, braungelber, selten weisser Farbe; ihre Oberfläche kann glatt oder mit stumpfen Warzen besetzt sein, der Bruch zeigt sich krystallinisch oder erdig. Auf dem Durchschnitt erscheinen dünne, concentrische Schichten.

2) Nur aus harnsaurem Ammoniak bestehende Steine sind selten, meist zeigt sich solche Steine als Gemenge von harnsaurem Ammoniak mit freier Harnsäure und anderen harnsauren Salzen. Am häufigsten findet man sie bei Kindern, äusserlich ähneln sie mehr den eigentlichen Harnsäuresteinen.

3) Harnsaure Salze mit feuerbeständiger Basis (Kali, Natron, Kalk) finden sich als Beimengungen von Steinen aus Harnsäure. Von der freien Harnsäure lassen sie sich durch kochendes Wasser trennen.

4) Häufig sind Steine aus oxalsaurem Kalk. Gewöhnlich erscheinen sie rund, mit einer Menge von Warzen besetzt (Maulbeersteine), dunkel, bräunlich gefärbt und meist von ziemlicher Grösse. Selten sind sie klein, blass, glatt: Hanfsamensteine.

5) Steine aus phosphorsauren Erden. Diese Steine haben eine weissliche Farbe, sind erdig, kreidig, bisweilen porös, zuweilen geschichtet und schalig.

6) Steine aus Xanthin sind sehr selten; WÖHLER beschreibt einen solchen Stein. Er war an der Oberfläche von hellbrauner, stellenweise von weisslicher Farbe, auf dem Bruch matt, bestand aus concentrischen Schichten, bekam durch Reiben Wachsglanz und hatte ungefähr dieselbe Härte wie die harnsauren Steine.

7) Steine aus Cystin sind ebenfalls sehr selten. Sie sind von gelblicher Farbe, glatte Oberfläche, auf dem Bruch krystallinisch.

8) Einen Nierenstein fast lediglich aus Indigo fand W. M. ORD (F. SEMON) in einer krebsig entarteten Niere. Er war grossentheils schwarzblau und gab auf Papier einen blauen Strich.

9) Steine aus Cholesterin, ganz den Gallensteinen ähnlich. Ein von GÜTHER, SCHULTZEN und LIEBREICH untersuchter Stein (von einem Weibe stammend) bestand vorwiegend aus Cholesterin neben kleinen Mengen Harnsäure, Kalk, Phosphat und Gallenfarbstoff (Bilirubin). Der Harn enthielt Gallenfarbstoff. Das Gesamtgewicht der Concremente betrug

**iramm.** Güterbock citirt noch zwei Fälle von »Gallensteinen« in der Harnblase aus der Literatur. Bei dem einen wurde eine zur Zeit der Section verwachsene Communication der Harnblase mit der Harnblase durch den Urachus behauptet, während des Lebens soll hier da »gallig-gefärbter« Harn entleert worden sein.

Den Krystallisationskern der Steine bildet meist ein Schleimpfröpfchen, oder auch ein kleiner festweicher Körper: Eiter-, Blut-, Epithelialpfropf etc., um welchen sich steinbildenden Stoffe niederschlagen.

In sehr geringen Mengen und selten ist Kieselerde in Steinen beobachtet. Dagegen findet sich häufiger kohlensaurer Kalk neben kohlensaurer Magnesia. Man beobachtete auch und da Mörtelstückchen im Harn bei Simulation von Harnsteinen oder Harngrües.

### Schema zur Untersuchung der Harnsteine und anderer Konkretionen (nach v. GORUP-BESANZ).

Für die Analyse der Harnsteine (und anderer Konkretionen) unterscheidet man (v. GORUP-BESANZ): 1) vollkommen verbrennliche Steine, 2) zum Theil verbrennliche, 3) unverbrennliche.

Um diese Unterscheidung machen zu können, wird ein kleines Stückchen des Steines gewogen und von diesem Pulver eine Messerspitze als Probe auf einem reinen Platinblech über einer Weingeist- oder Gasflamme erhitzt. Die vollkommen verbrennlichen Steine bestehen aus organischen Materien; meist sind aber organische und anorganische Stoffe gemischt, so dass sich das Pulver auf dem Platinblech schwärzt, verbrannt aber mehr oder weniger Asche zurücklässt. Auch Steine, welche ganz (d. h. der überwiegenden Hauptmasse nach) aus anorganischen Stoffen bestehen, schwärzen sich bei dem Glühen, da ihnen stets etwas organische Materie beigemischt ist, sie brennen aber leicht weiss, ohne dass sich eine merkliche Volumveränderung erkennen lässt.

I. In vollkommen verbrennlichen Konkretionen kann enthalten sein, in Harnsteinen: Harnsäure, harnsaures Ammoniak, hippursaures Ammoniak, Xanthin, Cystin; in anderen Konkretionen: Cholestearin, Gallenfarbstoff (beide in Gallensteinen), Fibrin, Albumin oder andere.

II. In zum Theil verbrennlichen Konkretionen können enthalten sein: harnsaures Natron, kohlensaurer Kalk und alle unter I. angegebenen Stoffe.

III. Die unverbrennlichen Steine enthalten keine organische Beimischung.

A. Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech ohne oder mit geringem Rückstand verbrennen.

1) Man löst von dem Pulver eine sehr geringe Menge auf einem Porzellanscherben in 10 Tropfen Salpetersäure und dampft nun auf möglichst kleiner Flamme unter fortwährendem Blasen und Wegnehmen des Scherbens von der Flamme zur Trockene.

a. Es entsteht eine rothgelbe Färbung, die mit einem Tröpfchen Ammoniak, das man von der Seite langsam zufließen lässt, schön purpurroth wird: der Stein enthält Harnsäure (Murexidprobe S. 86).

Kocht man eine Portion des Steinpulvers mit Aetzkali, so entsteht keine Ammoniakentwicklung (durch den Geruch und feuchtes, in den Ammoniakdämpfen sich bräunendes Murexidpapier nachzuweisen), wenn der Stein aus reiner Harnsäure besteht. Besteht er aus harnsaurem Ammoniak, so zeigt sich beim Kochen Ammoniak.

2) a. Gibt der Versuch der Murexidprobe kein Resultat, wird die abgedampfte salpetersaure Lösung nicht roth, sondern citronengelb, mit Kali rothgelb, beim Erhitzen violett, so kann der Verdacht auf Xanthin entstehen. Es ist in kohlensaurem Kali unlöslich.

b. Entsteht bei dem Abdampfen der Salpetersäure eine dunkelbraune Färbung der Stein in kohlensaurem und kaustischem Ammoniak löslich, aus letzterer Lösung in skopischen sechseckigen Tafeln krystallisirend und durch Essigsäure daraus fällbar man das ebenfalls äusserst seltene Cystin vor sich.)

**B. Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech einen beträchtlichen Rückstand hinterlassen.**

1) Der Rückstand schmilzt leicht vor dem Löthrohre.

Verbreitet beim Erhitzen den Geruch nach Ammoniak, noch deutlicher bei Erwärmen mit Kali, ohne Aufbrausen in Essigsäure löslich, aus dieser Lösung durch Ammoniak krystallinisch fällbar, Glührückstand weissgrau: Phosphorsaure Ammonia Magnesia.

2) Der Rückstand schmilzt nicht vor dem Löthrohr.

a. Rückstand weiss, nicht alkalisch, braust weder vor noch nach dem Glühen mit Salzsäure, aus der salzsauren Lösung durch Ammoniak fällbar. Die essigsaure Lösung, mit oxalsaurem Ammoniak versetzt, scheidet oxalsauren Kalk aus: basisch phosphorsaurer Kalk.

b. Die frische Probe von Essigsäure nicht angegriffen, von Mineralsäuren ohne Aufbrausen gelöst und durch Ammoniak niedergeschlagen. Der Rückstand nach dem Glühen auf Platinblech alkalisch, mit Säuren brausend: oxalsaurer Kalk.

c. Die Probe verbreitet beim Glühen stark weisses Licht, braust schon vor dem Erhitzen mit Säuren, wird aus der neutralisirten, salzsauren oder aus der essigsauren Lösung durch oxalsaures Ammoniak gefällt: kohlensaurer Kalk.

3) Die Probe gibt die Murexidprobe, enthält also Harnsäure, hinterlässt aber beim Erhitzen einen Rückstand.

a. Dieser schmilzt vor dem Löthrohr und ertheilt der Löthrohrflamme intensiv gelbe Färbung: harnsaures Natron.

b. Verhält sich wie a., gibt aber keine gelbe Flamme, sondern eine violette und aus der salzsauren Lösung mit Platinchlorid einen gelben Niederschlag: harnsaures Kalium.

c. Schmilzt nicht vor dem Löthrohr und verhält sich nach dem Glühen wie kohlensaurer Kalk: harnsaurer Kalk (2 c.).

d. Schmilzt nicht vor dem Löthrohr, der Rückstand löst sich unter schwachem Aufbrausen in verdünnter Schwefelsäure und wird aus dieser Lösung durch kohlensaures Ammoniak gefällt.



die peripherische Nerven geführt, dort abgelagert und wahrscheinlich mittelst der Galle theilweise im Kothe entleert.

Es gehen in den Harn über (v. GORUP-BESANEZ): I. Unverändert:

a) von anorganischen Stoffen: die Athemgase mit der Kohlensäure, kohlensaure Alkalien, Salpetersäure, chlor-, bor-, kiesel- saure Alkalien, Chlor-, Jod- und Bromalkalien, Ammoniak- und saure Salze. In sehr grossen Mengen eingeführt, oder bei fortgesetzter Einnahme in kleinen Mengen Salze der schweren Metalle: Gold, Zinn, Wismuth, Blei, Kupfer, Quecksilber, Zink, Chrom, auch Arsen und Antimon. E. F. HAMBURGER constatirte, dass auch Eisen bei grösseren Gaben in den Harn übertritt, jedoch nicht als solches, sondern in einer organischen Verbindung, in welcher es durch die gebräuchlichen Eisenreagentien nicht nachweisbar ist.

b) von organischen Stoffen: freie organische Säuren gehen nach WÖHLER wenigstens theilweise unverändert in den Harn über (während neutrale pflanzensaure Alkalien im Harn als kohlensaure Alkalien auftreten und den Harn alkalisch machen), auch Glycin- und Hippursäure, Rhodankalium, Kaliumeisencyanür, Chinin, Morphin, Strychnin, Salicin, Harnstoff, die meisten Farb- und Riechstoffe gehen ohne oder mit nur geringer Veränderung in den Harn über. WÖHLER konnte im Harn wiederfinden die Pigmente von: Zinnober, Krapp, Gummigutt, Rhabarber, Campêcheholz, Rüben, Heidelbeeren; dann die Riechstoffe von: Valeriana, Knoblauch, Asa foetida, Kastoreum, Safran, Terpentin.

Durch die Farbstoffe von Rheum und Senna, zwei sehr häufig gebrauchte Arzneimittel, kann der Urin so gefärbt werden, dass ein Verdacht auf Blut entstehen kann, die Urinfarbe kann durch sie tiefroth werden. Solcher Harn wird durch einen Zusatz einer Mineralsäure heller lichtgelb, während bluthaltiger Harn dadurch nicht aufgehellt, eher dunkler wird.

Theilweise finden sich im Harn wieder: Traubenzucker, Rohrzucker, Mannit und Glycerin, in übergrossen Mengen in den Magen gebracht oder direct ins Blut eingespritzt.

II. Nicht wieder gefunden wurden im Harn, auch nicht irgendwie verändert im Magen aus: Kampher, Harze, Bernsteinsäure, Gallensäuren, Anilin, Moschus, Aether, Sassafrasöl, Kusroth, Lakmus, Chlorophyll und Alkannafarbstoff.

III. Chemisch verändert erscheinen im Harn: freies Jod als Jodkali; Schwefelkalium als schwefelsaures Kali, saures schwefligsaures und unterschwefligsaures Natrium als schwefelsaures Natron; Kaliumeisencyanid als Cyanür; Gerbsäure als Gallussäure; Benzoe-, Zimmt- und Chinasäure, dann Bittermandelöl und Benzoëäther, erscheinen als Hippursäure, Nitrobenzoësäure als Nitrohippursäure; Salicin als salicylige Säure, Salicylurea, Saligenin; Toluylsäure als Tolursäure; Aepfelsäure, Asparagin als Bernsteinsäure; Harnsäure als Kohlensäure, Oxalsäure und Harnstoff; Xanthogensäure als Schwefelwasserstoff; Glycin als Harnstoff und Harnsäure; Thein und Theobromin als Harnstoff (?); Xanthin, Allantoin, Leucin als Harnstoff; Kreatin als Kreatinin und Harnstoff; Thioharnstoff (Thiosinnamin) als Rhodanammonium; Amygdalin als Ameisensäure; Indigoblau als Indigoweiss; Santonin als rothgelbes Pigment; neutralpflanzensaure Alkalien als kohlensaure Salze; doppeltkohlensaure Alkalien als phosphorsaure und einfachkohlensaure Alkalien; Ammoniaksalze (Salmiak, kohlensaures und ameisensaures Ammoniak) zum Theil als Harnstoff. — Die Untersuchungen wurden von WÖHLER, LEHMANN, RANKE, MEISSNER, SALKOWSKI u. v. A. angestellt. Chinin erscheint nach KERNER als Dihydroxy-Chinin, nach GUYOCHIN als Chinidin, nach PERSONNE zum geringen Theil unverändert, meist in »harzige Substanzen« verwandelt.

### Systematischer Gang der Harnuntersuchung für ärztliche Zwecke.

1. Beabsichtigt man quantitative Untersuchungen zu machen, so hat man zuerst die während einer bestimmten Zeit (24 Stunden) entleerte und genau, ohne allen Verlust gesam-

eine andere durch Salpetersäurezusatz nach den angegebenen Regeln. Entsteht ein Koagulum, so ist Eiweiss vorhanden. Ueber alkalischen Harn cf. oben S. 582. Zu den Prüfungen muss das Eiweiss-Koagulum abfiltrirt werden. Das Koagulum ist a) weiss, besteht es höchst wahrscheinlich aus reinem Albumin; b) grünlich, dann entsteht Verdacht auf Gallenbeimischung zum Harn; c) bräunlich, braunroth, man hat dann Blut im Harn.

6) Ist der Harn abnorm gefärbt

a. roth, rothbraun, schwarz, so hat man auf Blut oder gelösten Blutfarbstoff zu untersuchen. Hellet sich solcher Harn bei einem Zusatz einer Mineralsäure auf, so kommt man auf die Farbstoffe des Rhabarber oder der Senna, die als Medikamente gegeben wurden.

b. Ist der Harn braun, braunschwarz, grünlich, schäumt er beim Umschütteln ein eingetauchtes Papier gelb, so hat man die GMELIN'sche und PETTENKOPF'sche Gallenfarbstoffe (und Gallensäuren) zu machen.

c. Ist der Harn sehr wenig gefärbt, sehr reichlich und zeigt trotz seiner geringen Färbung ein höheres specifisches Gewicht, so hat man auf Zucker zu prüfen. Einmal kann zuckerhaltiger Harn auch tief-gelb gefärbt erscheinen.

7) Eine Probe des Harns versetze man mit der Hälfte des Volums concentrirter Salpetersäure; färbt sich dieselbe nach kürzerer Zeit dunkel und scheidet sich beim Stehen ein Pulver ab, so zeigt dies die Gegenwart des Indigo an.

8) Riecht der Harn sehr penetrant, widerlich, an Schwefelwasserstoff erinnert, oder schwärzt er ein in dem Harngefäss über dem Harn aufgehängtes Papier, welches mit Bleiessig getränkt hat, so entwickelt der Harn Schwefelwasserstoff. Andere Stoffe, die zufällig in den Harn gelangten, kann man am Geruch erkennen.

Ueber quantitative Bestimmungen der einzelnen Harnbestandtheile cf. oben S.

---

## Sechzehntes Capitel.

### Die Haut namentlich als Sekretionsorgan.

---

#### Schweissbildung und Hauttalg.

Wir haben die Haut als Hülforgan für die Lungen kennen gelernt, noch in höherem Maasse sind sie das für die Nieren. Während die Kohlensäureabgabe durch die Haut und die damit correspondirende Sauerstoffaufnahme nur für geringe Quantitäten erreicht, ist die Wasserabgabe der Haut, wobei das Wasser sowohl in Dampfform als insensible Perspiration als auch tropfflüssig als Schweiss abgeschieden wird, unter Umständen eine sehr bedeutende Grösse. Im Schweiss treten, wie im Harn, Salze, namentlich Kochsalz, unter Umständen auch Harnstoff, aus dem Blute aus, so dass sich hierin eine deutliche Analogie zwischen Nieren- und Hautthätigkeit ergibt.

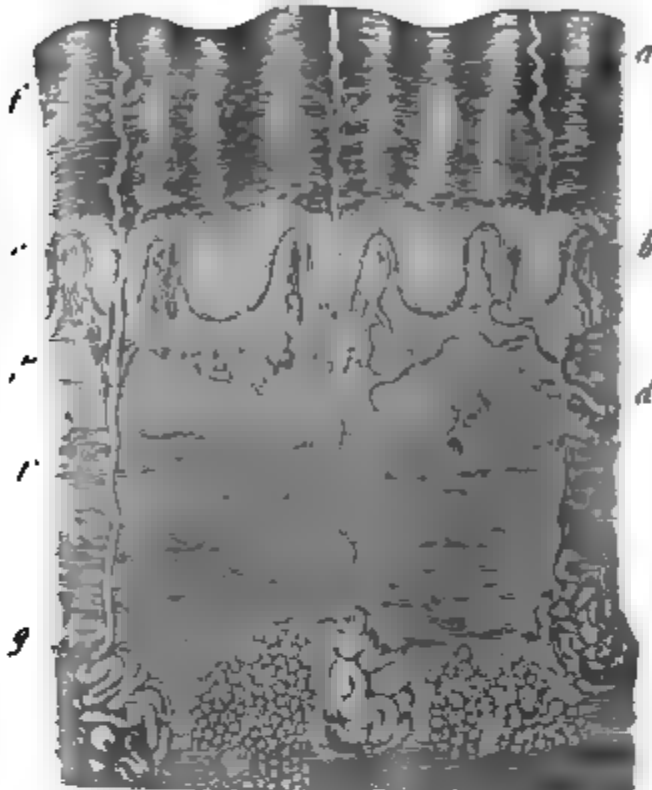
Es zeigt sich vor Allem in Beziehung auf die Wasserabgabe ein deutlicher Antagonismus zwischen den Thätigkeiten der beiden Organe. Wenn die Wasserabgabe durch die Haut eine gesteigerte ist, zeigt sich die Wasserausscheidung durch die Nieren vermindert et v. v. Da die Hautthätigkeit vor Allem durch Wärme angeregt, durch Kälte herabgesetzt wird, so wird im Winter bei starker Flüssigkeitsaufnahme in den Körper im Verhältnisse mehr Wasser durch die Nieren abgegeben als im Sommer, was durch die Beobachtung leicht bestätigt werden kann.

Die Hautthätigkeit regulirt vor Allem die Wärmeabgabe des Organismus (s. Kap. XVII), namentlich durch stärkere oder geringere Wasserverdunstung an der Oberfläche, wodurch eine grössere oder geringere Menge Wärme, um das Wasser dampfförmig zu machen, gebunden wird. Die Regulirung des Wärmeabflusses wird durch die Hautbedeckung: die Haare unterstützt, als deren Ersatz an nackten Körperstellen bei dem Menschen die Kleider fungiren. Die Haut als Organ des Tastsinnes findet an einer anderen Stelle (bei den Sinnesorganen) ihre Besprechung.

**Anatomisches über die Haut.** — Die allgemeine Hülle des Körpers, die äussere Haut, besteht aus zwei in ihrer Dicke sehr verschiedenen Lagen, der dünneren, gefäss- und nervenlosen Oberhaut und aus der Lederhaut, in deren bindegewebige Grundlage zahlreiche Nerven und Gefässe ein-

treten (Fig. 446). In der Haut finden sich zweierlei Arten von Drüsen: Drüsen und Schweissdrüsen. Als Anhänge der Haut sind zu nennen Haare und Nägel.

Fig. 446.



Die Haut des Menschen im senkrechten Durchschnitt. *a* oberflächliche Schichten der Epidermis; *b* MALPIGHI'sches Schleimnetz. Darunter die Lederhaut, nach oben bei *c* die Papille bildend, nach unten in das subcutane Bindegewebe ausgehend, in welchem bei *h* Ansammlungen von Fettzellen erscheinen; *g* Schweissdrüsen mit ihren Ausführungsgängen *e* und *f*; *d* Gefässe; *i* Nerven.

Die Lederhaut zerfällt in Schichten, in die eigentliche Lederhaut und das Unterhautzellgewebe, welches aus lockeren Maschenräumen von Bindegewebe besteht, in denen Fettzellen grösserer oder geringerer Zahl unterschiedener Füllung eingelagert sind. Die eigentliche Lederhaut besteht aus Bindegewebe, in welches zahlreiche elastische Fasern eingewebt sind. In dem obersten Theile der Lederhaut, der Pars papillaris, ist das Flechtwerk der sich kreuzenden Bindegewebsbündel dichter als in der unteren Hälfte; dort ist das Gewebe feiner, netzförmiger: Pars reticularis. Die Lederhaut ist am dicksten an der Ferse, am dünnsten an den Augenlidern und an dem äusseren Gehörgang. Die äussere Oberfläche ist mit Erbsen besetzt, die an der Kopfschwanz, an den meisten übrigen Stellen als Wülste oder Papillen erscheinen: Hautwülste, Papillen (Fig. 447). Sie stehen in verschiedenen Körpertheilen sehr verschieden dicht, entweder regellos neben

einander oder an der Hand- und Fussfläche in regelmässigen Wirbel- oder fächerförmigen Reihen neben einander. An diesen Orten sind die Hautpapillen

Fig. 447.



Drei Gruppen von Gefässwülsten der Haut des menschlichen Zeigefingers im Vertikalschnitt, Gefässschlingen, theils Tastkörperchen führend.

besten ausgebildet. Man kann sie in Gefässpapillen und Nervenpapillen scheiden. Namentlich in den letzteren finden sich die Tastorgane, die Tastkörperchen u. a., welche bei dem Hautsinn eine nähere Beschreibung erfahren werden. In jede Gefässpapille steigt eine Gefässschlinge empor, deren Schenkel sich dicht, manchmal spiralig gedr

ander anschmiegen. In der Lederhaut finden sich reichlich (KÖLLIKER) organische Muskelfasern: unter der Haut des Hodensacks bilden sie eine zusammenhängende Lage, die Erectilität der Brustwarze rührt von ihnen her. Überall, wo Haare und Talgdrüsen stehen, finden sie sich ebenfalls. Letztere entspringen unter der Epidermis und ziehen schief zum Haarbalg, an dem sie sich festsetzen.

Ueber die Oberfläche der Lederhaut, welche sich durch ein glashelles Häutchen, Glashaut, in welches ovale Kerne eingebettet sind, nach aussen abgrenzt, folgt die Epidermis, die Oberhaut. Sie folgt allen Vertiefungen und Erhebungen der Lederhautoberfläche, so dass durch sie auch die zierlichen Linien nicht verwischt werden, in welchen die Wärzchen und Leistchen der Haut gereiht sind. An denselben Stellen, an welchen die Lederhaut sich verjüngt oder verdickt, thut dieses auch die Oberhaut. Sie ist sehr dick in der Handfläche, Fusssohle und Ferse. Chemisch besteht die Epidermis aus Hornstoff, mikroskopisch ist sie aus Zellen zusammengesetzt, deren obere Schicht aus Zellenblättchen, die untere rundliche Zellen erkennen lässt, neben den sogenannten Stachel- oder Riffzellen, deren ganze Oberfläche über und über mit stacheligen Fortsätzen besetzt ist, mit denen die nachbarlichen Zellen auf mannigste ineinander greifen. Die letztbeschriebenen Zellenformen finden sich auch in mehrfach geschichteten Epithelien, z. B. an der Mundhöhle (Fig. 32). Die obere Schicht der Epidermis wird als Hornschicht, die untere als Schleimschicht oder Rete Malpighii beschrieben; die Schleimschicht stösst an die Lederhaut; ihre Zellen sind weiche, feuchte, kernhaltige Bläschen; die obersten, der Lederhaut anliegenden Zellen haben eine längliche (cylindrische), die darüber liegenden eine kugelige Form. Gegen die Hornschicht platten sie sich immer mehr ab und verändern durch gegenseitigen Druck ihre Gestalt in vieleckige. Die dunkle Hautfärbung verschiedener Hautstellen der Menschen und dunkeln Menschenrassen: an den Genitalien, After, Brustwarze, Nävflecken und Sommersprossen etc., rührt von Farbstoffkörnchen her, die in den Zellen der Schleimschicht sich eingebettet finden. Die Lederhaut ist nicht gefärbt. Die Hornschicht ist trocken, härtlich, ihre Zellen unregelmässig gestaltete Schüppchen, die aber unter Anwendung quellender Substanzen (Essig, Alkalien) die Bläschenform wieder annehmen können. Beim Neger ist die Hornschicht nicht schwarz, sondern nur leicht gelblich oder bräunlich gefärbt.

Die Lederhaut enthält Lymphgefässe und Lymphräume, in ihren unteren Lagen finden sich Lymphgefässnetze (TEICHMANN). Die Papillen sollen physiologisch keine Lymphgefässe haben, in hypertrophirte Papillen der Fusssole dringen einzelne blind endigende Lymphgefässäste ein (TEICHMANN).

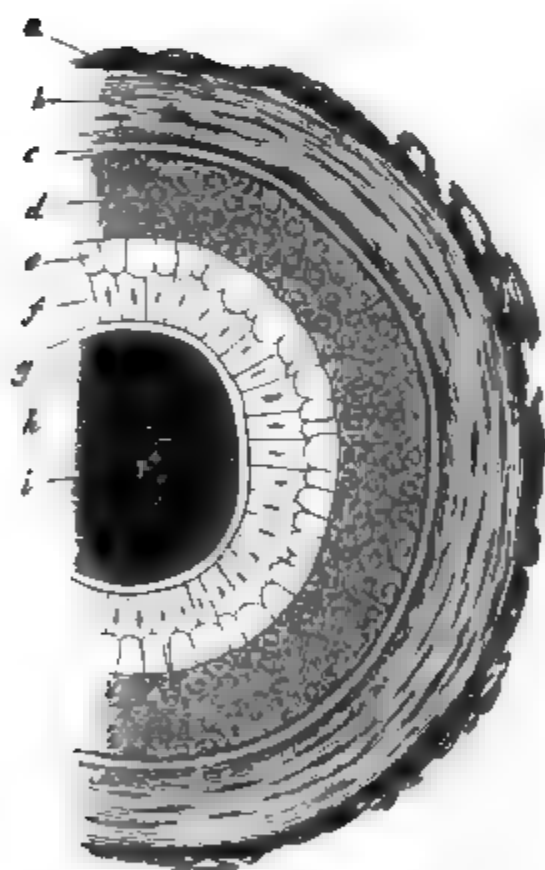
Die Lederhaut ist sehr nervenreich. Die Nervenendigungen in den Nervenkörperchen werden bei den Sinnesorganen besprochen werden, ausserdem besitzt die Lederhaut marklose Nervengeflechte, von denen Fasern in die Schleimschicht vordringen und dort mit knopfförmigen Anschwellungen endigen (MEYERHANS) (cf. unten).

Die Haare schliessen sich in ihrer Zusammensetzung der Epidermis an, sind wie jene Horngebilde. Sie finden sich mit Ausnahme weniger Stellen (Hand- und Fusssohle) auf der ganzen Körperoberfläche, jedoch von sehr verschiedener Dicke und Länge. Die schlichten Haare sind rundliche Cylinder,



die krausen mehr oder weniger plattgedrückt. Sie sind fest, dehnbar, sehr hygroskopisch. Man unterscheidet an jedem Haare die in die Haut eingesenkte Wurzel und den frei hervorragenden Schaft. Der Schaft besteht bei den ausgebildeten Haaren aus Oberhäutchen, Rindensubstanz und Marksubstanz. Die Oberhäutchen besteht aus dachziegelförmig über einander gelagerten flachen kernlosen Epidermisblättchen und bildet einen dünnen Beleg der Rindensubstanz, die die Hauptmasse des Haares darstellt. Sie hat ein streifig faserig Aussehen und besteht aus langen, abgeplatteten, verhornten Zellen, die schichtweise neben und aufeinander liegen. Diese Zellen enthalten häufig Luft- und Pigmentkörnchen. Eine Marksubstanz fehlt meist den feinen Haaren; nach gewöhnlicher Sprachweise unbehaarten Körperstellen, den Wollhaaren hier und da auch den Kopfharen. Sie bildet einen aus rundlich eckigen Zellen bestehenden, in der Mitte des Haares gelegenen Strang. Diese Zellen sind mit fein vertheilter Luft angefüllt, die als glänzende Kügelchen erscheint (Fig. 148). Am unteren Ende schwillt der Haarschaft keulenförmig an Haarzwiebel, die mit ihrer trichterförmig ausgehöhlten Basis ein Wurz-

Fig. 148.



Querschnitt durch ein Kopfhaar sammt dem Balge, etwas unterhalb der Mitte des letzteren, 350 mal vergr. a Längsfaserhaut des Haarbalges wenig entwickelt. b Quersfaserschicht mit Bindegewebskörperchen c Glashaut. d Aeusserere Wurzelscheide. e Innere Wurzelscheide, äussere Lage. f Dieselbe, innere Lage. g Oberhäutchen des Haarbalges. h Oberhäutchen des Haares. i Haar selbst.

Fig. 149.



Haarwurzel und Haarbalg des Menschen; bindegewebige Balg; b dessen glashelle Linschicht; c die äussere, d die innere Wurzelscheide; e Uebergang der äusseren Scheide in den Knopf; f Oberhäutchen des Haars (bei f in von Quarfaseren); g der untere Theil des Knopfs; h Zellen des Haarknopfs; i die Haarpapille; j Linsen des Marks; k Bindenschicht; m luftiges Mark; n Querschnitt des letzteren; o der l

der Lederhaut, die Haarpapille umgreift, welches eine birn- oder zwiebelartige Gestalt besitzt und sonst die Structur einer Gefässpapille zeigt. Der oberste Theil der Haarzwiebel, mit dem sie auf der Haarpapille aufliegt, besitzt den Bau der Schleimschicht der Epidermis, sie besteht aus denselben rundlichen, weichen, feuchten, kernhaltigen Zellen (Fig. 149). Weiter abwärts differenzieren sich die drei Schichten des Schaftes mehr und mehr; die zusammensetzenden Zellen tragen aber alle noch einen jugendlichen Charakter, sie sind noch deutlich kernhaltig und anstatt wie später mit Luft, noch mit Flüssigkeit gefüllt. Die Haarzwiebel steckt in einer Einstülpung der äusseren Haut, die als ein Säckchen: Haartasche, unten mehr ausgebuchtet, oben mit einer Oeffnung, das in ihm befindliche Haar umgibt. Der Haarbalg besteht aus einer zarten Lederhaut-, mit Glashaut- und Oberhautschicht; er ist eine Einstülpung der gesammten Haut. Die Epidermis des Haarbalges bildet die sogenannte Wurzelscheide, welche sich der Haarwurzel ringsum anschmiegt. Grunde des Haarbalges gehen die Zellen der Wurzelscheide in die der Haarzwiebel über. Die Haare stecken schief in der Haut, die oben erwähnten Kelfasern setzen sich so an dieselben an, dass bei ihrer Contraction die Haare aufrichten, und etwas über die Hautoberfläche erheben: Gänsehaut.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Nach STIEDA und FEIERTAG ist beim Embryo das Stadium der Bildung eines Haars eine lokale Wucherung von Epidermiszellen, wobei ein in die Cutis hineinwuchernder Fortsatz, der Haarkeim entsteht, aus welchem sich, durch innere Differenzirung, der Haarschaft und die Haarscheiden oder Wurzelscheiden entwickeln, während der Haarbalg aus dem umgebenden Bindegewebe der Cutis hervorgeht. Neubildung von Haaren im späteren Alter geht dagegen von einer Zellenerneuerung der äusseren Haarscheide aus, wodurch ein sekundärer Haarkeim gebildet wird, aus dem als entsteht ein neues Haar auf der alten Papille.

**Zur vergleichenden Physiologie.** — Ueber Tasthaare und ihre Nerven cf. bei 11. sinn. R. BOWSER findet die Haarpapille bei den schwellkörperlosen Haarbälgen der Säugethiere vollkommen nervenlos, sie hat nur die Bedeutung eines Keimlagers, dagegen findet er in allen diesen Haarbälgen einen in Bau und Lage übereinstimmenden nervösen Terminationsapparat. Dicht an der Glashaut bilden markhaltige Nervenfasern längsverlaufende Linien oder Cirkeltouren um den Balg; diese Fasern endigen als nackte Axencylinder, indem sie theils einen in Glashautlängsfalten gelegenen Terminalfasermantel bilden, der aus parallelen, lanzettförmig sich verbreiternden, alle ziemlich in einem Niveau endigenden Axencylindern besteht, theils umspinnen sie ringartig den Terminalfasermantel, ausserhalb von demselben in den Quersfalten der Glashaut verlaufend. Bei den Bälgen der Schwellkörper besitzenden Haare durchbohren nach BOWSER mehrere grössere Nervenstämme die äussere Scheide; indem sie sich verästeln, bilden sie in der innern Balglage ein netzförmiges Geflecht, die Fasern der oberflächlichen Lage des letzteren durchbohren die Haut, verlieren ihr Mark und bilden einen Endknospenmantel, der die Wurzelscheide der Schwellung überzieht. Auch im tiefer gelegenen Wurzelscheidentheile finden sich einzelne Endknospen, welche mit den Fasern der tieferen Lagen des erwähnten Geflechtes verbunden sind. Bei Ratte und Maus umspinnt ein eigenes Nervengeflecht den Haartaschenhals.

**Die Nägel** sind stark verhornte Epidermispartien, an denen sich Horn- und Schleimschicht unterscheiden lässt, mit denselben zelligen Elementen, die wir bei der Epidermis kennen gelernt haben. Der Theil der Lederhaut, auf dem der Nagel aufruht: das Nagelbett, erhebt sich zu (von hinten nach vordere laufenden) Leistchen mit Papillen. An dem hinteren und den beiden

seitlichen Rändern des Nagelbettes erhebt sich die Lederhaut zu einer Nagelfalz, in welchem die Wurzel und die Seitenränder des Nagels lagert sind.

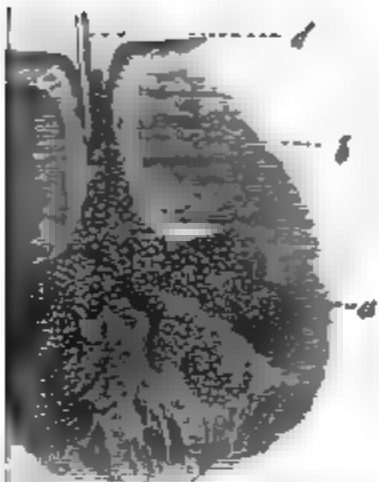
Die Schweissdrüsen kommen in reichlicher oder spärlicherer fast in der ganzen Haut des Körpers vor, sie fehlen nur an der Eichel d des; an der concaven Fläche der Ohrmuschel, wo man sie bisher vermis haben sie STRIEDA und HÖRSCHELMANN nachgewiesen. Man unterscheidet a den eigentlichen Drüsencanal, welcher die Haut durchbohrt und als Spore an der Oberfläche mündet, und das knäueiförmig aufgewundene E Canalschlauches, das als rundes Körperchen entweder noch in der Schicht der Lederhaut oder an der Grenze dieser und des Unterhautzells liegt. In der Achselgrube sind sie sehr entwickelt und bilden eine zusa hängende Schicht unter der Lederhaut. Der Schweissdrüsencanal best einer Membrana propria, welche von rundlich eckigen Zellen in ein- ode facher Lage ausgekleidet wird. Sie stimmen in Form und Verhalten i Zellen der tiefern Schicht des Rete Malpighii zusammen; sie enthalten Fett- und Farbstoffkörnchen. In der Wand der grösseren Schweissdrüsen. i lich bei denen in der Achselhöhle, findet sich eine förmliche Lage organ Muskelfasern; an anderen kleineren und weniger entwickelten zeigen sich ebenfalls Muskelfasern, aber weniger reich und regelmässig g Der von dem Drüsenknäuel aufsteigende Ausführungsgang ist in der Le wenig geschlängelt, die Oberhaut durchsetzt er, indem er seine W verliert und nur als Lücke zwischen den Epidermiszellen erscheint, i zieherartigen Windungen; seine Oeffnung auf der Oberfläche der Ep (Schweisspore) ist meist etwas trichterförmig erweitert.

Die Ohrenschmalzdrüsen gleichen den Schweissdrüsen im Ba finden sich im knorpeligen Theile des Gehörganges zwischen seine bedeckung und dem Knorpel. In dem Drüsenknäuel zeigt sich das stark fetthaltig mit gelben Farbkörnchen gefüllt, den Zellen in dem

blich mit Fett erfüllt sind, aber auch meist noch einen Kern wahrnehmen können.

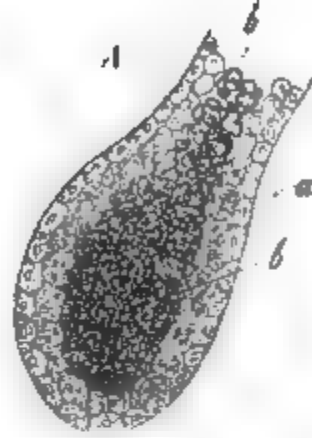
Die Schweiss- und Ohrschmalzdrüsen sind mit einem reichlichen Kapillarnetze umspunnen, das den kleineren Talgdrüsen fehlt. Darauf beruht die verschiedene Mechanik ihrer Sekretbildung. Während der Schweiss unter den

Fig. 150.

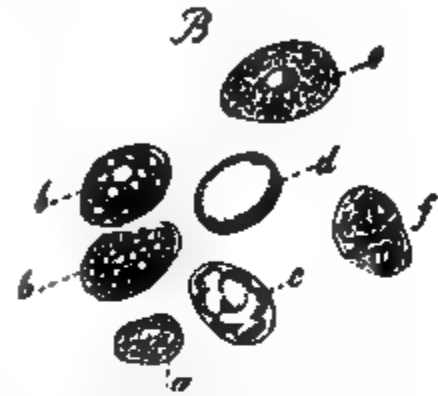


Talgdrüse a Die Drüsen-  
zellen; b der Ausführungsgang;  
c der Balg eines Wollhaars;  
d der Schaft des letzteren.

Fig. 151.



A Ein Drüsenbläschen einer gewöhnlichen Talgdrüse, 250mal vergr.  
a Epithel scharf begrenzt, unmittelbar übergehend in die fetthaltigen Zellen; b im Innern des Drüseneschlauches. B Talgzellen aus den Drüseneschläuchen und dem Hauttalge, 350mal vergr. a Kleinere fettarme, noch mehr epithelartige kernhaltige Zelle; b fettreiche Zellen, ohne sichtbaren Kern; c Zelle, in der das Fett zusammenzufließen beginnt; d Zelle mit einem Fetttropfen; e, f Zellen, deren Fett theilweise ausgetreten ist.



Änderungen des gesteigerten Druckes in den Hautkapillaren abgesondert wird, das Sekret der Talgdrüsen kaum etwas anderes als der Inhalt der in fettiger Amorphose zerfallenen Drüsenzellen. (Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie cf. Cap. I. und in folgenden Capiteln.)

### Schweiss und Schweissabsonderung.

Der Schweiss des Menschen ist, obwohl SCHÖRRIN Spuren eines Farbstoffs fand, anscheinend farblos, durchsichtig, normal bei Beginn der Sekretion (unten) sauer reagirend, von verschiedenem Geruch je nach den Hautstellen, an denen er gewonnen wurde. Der künstlich gesammelte Schweiss ist meist Hauttalg und Epidermisschuppen verunreinigt, daher trüb. Er gehört zu den wasserreichsten Sekreten, sein fester Rückstand schwankt nach den vorhandenen Analysen zwischen 0,4% und 2,2%. Die Hauptmasse dieses Rückstandes besteht aus Kochsalz von 0,2—0,6%. Ausserdem finden sich in ihm Fette, flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure und nach Einigen normal Harnstoff (FRNKE, FAVRE u. A., ich konnte nicht konstatiren). Unter den anorganischen Salzen findet sich neben dem Kochsalz, das die Hauptmasse derselben ausmacht, auch Chlorkalium, phosphorsaures Kali, phosphorsaurer Kalk und Magnesia und Eisenoxyd. Wir sehen, dass die Blutsalze, welche im Schweiss den Organismus verlassen. FAVRE fand eine eigenthümliche, stickstoffhaltige Säure, Schweissssäure, im Schweisse aufgefunden haben. BERZELIUS erwähnt Ammoniaksalze.

Wir sehen Schweiss an der Hautoberfläche auftreten durch alle Umstände, welche den Blutdruck in den Kapillaren der Schweissdrüsen überstimmt, unbekannte Grösse erhöhen, also bei Vermehrung des Blutes und in den Organen, durch Trinken, besonders lauwarmen Getränk, anderweitig auch durch manche Medicamente und Gifte erhöhten Blutdruck, Erweiterung der Kapillaren der Schweissdrüsen und Auftreten des Schweisses. Wir sehen Schweiss mit Röthung der Haut aus der letztgenannten Ursache auftreten bei gesteigerter Temperatur der umgebenden Luft, besonders wenn dieselbe stark mit Wasserdämpfen geschwängert ist. Die Sekretion tritt sowohl auf dem Wege der Filtration und Diffusion ein, auch hier mag, wie Harre, neben der Functionirung der Epithelzellen die saure Reaction des Schweissdrüseninhaltes den Uebertritt des Albumins aus dem Blute in den Schweiss hindern. Nur ein Theil des Drüsensekretes stammt direct aus dem Blute; ein anderer, vor Allem das Fett, rührt von fettigem Zerfall der Epithelzellen her. Die organische Muskulatur der Haut und der Drüsen theiligt sich an dem Auspressen des Sekretes aus den Drüsenschlauchknäueln.

Es bestehen vasomotorische nervöse Einflüsse auf die Schweissbildung. Neuerdings hat man auch eigentliche Schweissnerven nachgewiesen. An Pferden hat Huxley experimentirt, Lichsinger an jungen Menschen, welche an den haarfreien Stellen der Pfoten leicht schwitzen. Reizung des Ischiadikus bringt Schweissabsonderung hervor; die Drüsennerven verlaufen nach seinen Erfahrungen im Ischiadikus, weiterhin im Bauchstrang des Rückenmarkes, das Centrum der Schweissnerven der Hinterpfoten liegt in der Rückenmark zwischen dem 9. Rücken- bis 5. Lendenwirbel. Nach Lichsinger gehen von der Grenze des Brust- und Lendenmarks nur die Schweissnerven für die unteren Extremitäten ab. Er findet das allgemeine Schweisscentrum für obere und untere Extremitäten im verlängerten Mark. Für die oberen Extremitäten gehen die Schweissnerven, was Lichsinger im Allgemeinen bestätigt, am 4. Brustwirbel aus dem Rückenmark ab, verlaufen dann im Halsstrang nach dem Ganglion stellatum, treten dann in den Plexus brachialis und schliesslich in den N. medianus und ulnaris über.

Je nach dem Reichthum der Hautstellen an Schweissdrüsen ist die Schweissabsonderung an einer Stelle der Haut stärker als an der andern. So schwitzen die Achselhöhlen am stärksten. Krause zählte auf einem Quadratzoll der hinteren Rumpfseite 440 — 600 Drüsen, ebensoviel an der Wangen-, Ober- und Unterschenkel; 940 — 1090 an der Vorderseite des Rumpfes, Stirn, Vorderarm, Hand- und Fussrücken, 2685 an der Sohle, 2736 an der Handfläche. Die Gesamtzahl ohne die Schweissdrüsenknäuel der Achseln rechnet sich danach etwa auf 2380248 Krause, da der Gesamtmilchgehalt der Schweissabsonderung dient, eingerechnet die Drüsen der Achselhöhlen beträgt 39653 Cubikzoll beträgt Krause. Ueber die Oberfläche des menschlichen Körpers cf. auch oben S. 553. Diese grossen Zahlen lassen begreifen, dass die Schweissabsonderung dann, wenn die Bedingungen zu ihrer Entstehung günstig sind, eine sehr grosse sein kann. Nach den Bestimmungen von Lichsinger, der den Schweiss in einem Schwitzbade auffing, während der Versuchssubject darin nackt auf einer Metallrinne lag, in welche der Schweiss abfloss,



in 4 1/2 Stunde entleerte Menge zwischen 1500 und 2500 Gramm. In einem Schwitzbade verlor ich während 17 Minuten 1280 Gramm Schweiss. Unter anderen Umständen kann bei vollkommener Gesundheit die Schweissbildung lange ganz unterbleiben. Manche Personen schwitzen sehr leicht und viel, andere wenig, ohne dass sich immer ein Grund dafür in der allgemeinen Körperbeschaffenheit auffinden liesse. Starke Muskelanstrengung wirkt wie die erhöhte äussere Temperatur schweisstreibend. Auch psychische Einflüsse, z. B. Furcht, sehen wir oft auf die Schweissbildung von beförderndem Einfluss. Bedeutsam ist es, dass unter Umständen die Hemmung, welche der Schweissbildung entgegensteht, krankhaft so bedeutend werden kann, dass auch bei Vorhandensein aller Schweiss befördernden Momente doch die Haut nicht zu Schwitzen kommt. In anderen Krankheitsfällen ist es umgekehrt. Ein Beispiel zeigt, dass es sich hierbei um auch sonst wirksame Absonderungseigenlichkeiten handelt, liegt darin, dass nach starker Schweissbildung diese auch bei scheinbarem Fortbestand der Bedingungen dazu nachlässt.

Mit der stärkeren Absonderung und zunehmenden Schweissmenge nehmen nach FUNKE die organischen Stoffe im Schweisse ab, die anorganischen zu. Die absondernden Partien Schweiss reagiren sauer, die späteren neutral, selbst alkalisch. Die saure Reaktion und der Schweissgeruch rührt zumeist von den Fettsäuren her.

Nach A. MORIGGIA's Versuchen an Thieren wäre der Schweiss der Fleischesser gewöhnlich sauer, der der Pflanzenfresser meist alkalisch; der Reize stärker fliessende Schweiss an den Pfoten der Katze ist alkalisch. (LÜCHSINGER und D. TRÜMPY.)

In dem Sekrete der Ohrenschmalzdrüsen überwiegen die Fette und Verbindungen fetter Säuren. Neben den anorganischen Salzen findet sich Cholesterin und Margarin, aber auch ein Albuminat und ein löslicher bitterer Stoff. Das Mikroskop zeigt in dem Ohrenschmalz Fettzellen, freies Fett, Cholesterinkristalle, Epithelialzellen der Oberhaut. Das Sekret der Talgdrüsen besitzt dieselben mikroskopischen Elemente ebenfalls. Frisch abgesondert ist dasselbe halbflüssig, ölig, an der Oberfläche der Haut erstarrt es. Es enthält ausser Wasser ein caseinähnliches Albuminat, Fette, Palmitin, Olein, Seifen mit den Salzen der genannten Fette und anorganische Salze, die qualitativ mit denen des Schweisses übereinstimmen, quantitativ überwiegen aber die phosphorsäuren Erden. Die vernix caseosa stimmt chemisch mit dem Hauttalge überein. Das Smeigma praeputii soll eine Ammoniakseife enthalten. Es besteht stets zum grössten Theil aus abgestossenen Epidermiszellen der Eichel.

### Hautthätigkeit bei krankhaften Zuständen.

Für den Arzt sind die Veränderungen der Hautsekretion in Krankheiten sehr wichtig. Bekannt ist, dass eine der häufigsten Krankheitsursachen in Einflüssen auf die Hautoberfläche besteht, von welcher wir anzunehmen gewöhnt sind, dass sie direct auf die Respiration einwirke.

Der Schweiss zersetzt sich sehr leicht, es wird dabei wahrscheinlich durch die Bildung freier Fettsäuren seine Reaktion noch saurer als normal, oder sie wird bei stärkerer Ab-

sonderung und durch den Zerfall stickstoffhaltiger Stoffe (Harnstoff?) alkalisch, wobei Ammoniaksalze auftreten.

Ueber die krankhafte Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Schweißes sind nur wenige sichere Angaben vorhanden. Am sichersten konstatiert ist ein bedeutender Harnstoffgehalt (Schottin u. A.) des Schweißes bei gehinderter Harnstoffausscheidung durch die Nieren, wie sie bei organischen Nierenleiden und Cholera vorkommen kann. Der Harnstoffgehalt des Gesichtsschweißes kann in der Cholera

Fig. 452.



Krystallisation des Harnstoffs. *a* Auskrystallisierte vierseitige Säulen. *b* unbestimmte Krystalle, wie sie aus alkoholischer Lösung anzuschliessen pflegen.

so gross sein, dass er sich, wie das Kochsalz, von den sonstigen starken Gesichtsschweissen, als ein krystallinischer glänzender Beleg nach dem Verdunsten des Wassers auf der Haut abscheidet (Fig. 452). Um den Harnstoff zu erkennen, lost man etwas von dem abgeschabten Belege der Haut in Alkohol, dampft im Wasserbade bis fast zur Trockne und prüft den gebliebenen Rückstand durch Zusatz wenig Salpeter- oder Oxalsäure, mit welchem charakteristische, krystallinische Verbindungen des Harnstoffs entstehen. Lässt man concentrirte Harnstofflösung und reine (nicht rauchende) Salpetersäure unter dem Mikroskop zusammenfliessen, bilden sich zuerst stumpfe Rhombenoktaeder, die sich immer mehr Massentheilchen anlegen, entstehen endlich rhombische oder hexagonale Tafeln. Der spitze Winkel derselben misst  $87^\circ$ . Ähnlich schlägt sich der Harnstoff aus seinen Lösungen durch Zusatz concentrirter Oxalsäurelösung als in hexagonalen Tafeln, oder seltener als vierseitige Säulchen (Fig. 453).

Im Schweiß Diabetischer konnten Nasse u. A. Zucker nachweisen.

Im stinkenden Fusschweiß finden sich durch faulende Epidermisabschuppen, Drüsensekret und Schmutz: Leucin, Tyrosin, Baldriansäure, Ammoniak

Fig. 453.



Krystalle der Verbindungen des Harnstoffs mit Salpetersäure und Oxalsäure. *aa* Salpetersaurer Harnstoff. *bb* Oxalsäure.

Im Hitzestadium bei Wechselfieber soll sich im Schweiß viel buttersaurer Kalk zeigen.

Im Schweiss »Steinkranker« soll sich Harnsäure finden.

Im klebrigen Schweisse bei Rheumatismus acutus will man Albumin gefunden haben.

Der Schweiss zeigt sich hier und da gefärbt. Bei Icterus können vielleicht die Gallenfarbstoffe den die Wäsche manchmal gelb färbenden Farbstoff abgeben. Man hat rothe und blaue Schweisse beobachtet, als Grund der letzteren konnte Bizio in einem Falle Indigo erweisen. FORDAS glaubt, dass die blaue Farbe auch von Pyrocyanin herrühren könnte (Eiter), wofür auch wahrscheinlich eine Beobachtung SCHWARZENBACH's spricht (Ueber die Farbstoffe cf. das Nähere oben Cap. II. S. 89). Der rothe Schweiss erhält seine Farbe aus einer Beimischung von Blut. FERRAES beobachtete bei Paralytikern an der Kopfhaut häufige Blutungen aus den Schweissdrüsen: A. v. FRANQUE sah rothen, blutkörperchenhaltigen Schweiss bei einer hysterischen Frau, es gingen zuerst Schmerzen in den später blut-schwitzenden Hautpartien voran. M. TITTEL beobachtete dreimal Blutschwitzen an einem sonst gesunden jungen Manne. Auch ältere Beobachtungen der Art existiren. Der Ort des Schwitzens ist vorzüglich die Stirne, Brust, Achselhöhle, Hände, zuweilen tritt es nur theilweis auf. Congestionen zu den betreffenden Hautpartien scheinen stets die Hauptursache der Affektion zu sein. Bei »gelbem Fieber« finden sich nicht selten blutige Schweisse. — Auch schwarze Schweisse an ganz lokalisirten Hautstellen (Augen-lidern z. B.) wurden, wie es scheint, sicher beobachtet (Chromhydrose).

Einige Medikamente gehen in den Schweiss über, dessen Zusammensetzung also verändern. SCHOTTIN fand im Schweiss eingenommene Bernsteinsäure und Weinsäure wieder. Nach Einnahme von Benzoëssäure soll der Schweiss wie der Harn Hippursäure enthalten. Nach Mittheilungen von G. BERGERON und G. LEMATTRE lassen sich im Schweisse Individuen, welche arsensaures Kali oder Natron innerlich bekamen, diese Salze unverändert nachweisen. Arseniksaures Eisen zersetzt sich: das Eisen wird durch den Harn ausgeschieden (oben S. 613), Arsensäure durch den Schweiss ausgeschieden. Jodquecksilber erscheint im Schweiss als Quecksilberchlorid, während Quecksilberchlorid selbst unverändert in den Schweiss übergeht. Jodkalium konnten sie im Gegensatz zu Andern im Schweiss nicht aufzufinden.

**Die Unterdrückung der Hautthätigkeit.** — Sie wird als Krankheitsursache bei Erkältungen vielfältig vorausgesetzt (cf. unten folgende Seite) und wirkt bei Hautkrankheiten sicher mit. Man bestrich, um die Wirkung des Ausschlusses der Hautthätigkeit experimentell zu beobachten, die Haut von Thieren mit einem luftdichten Ueberzug, z. B. mit Firniss (Leinölfirniss, Gummi etc.). Es zeigt sich, dass die lackirten Thiere nach kürzerer oder längerer Zeit zu Grunde gehen. Der Tod tritt bei kräftigen Thieren früher ein als bei schwächeren; nach GERLACH bei Pferden erst nach mehreren Tagen. Wenn man nicht die ganze Haut gefirnisst, sondern eine grössere oder kleinere Stelle derselben gelassen, so werden die Erscheinungen um so geringer, je grösser die freibleibende Hautpartie ist. Nach EDENHUIZEN gehen aber Kaninchen noch zu Grunde, wenn mehr als 1/6 ihrer Körperoberfläche der Perspiration verschlossen ist. Unmittelbar nach dem vollkommenen Ueberzuge sinkt bei ungehinderter Wärmeabgabe die Temperatur meist bis zum Tode, ebenso die Athmungs- und Pulsfrequenz. (Ueber die Athemchemie lackirter Thiere, cf. oben S. 549 u. 536.) Ist die bestrichene Stelle nur klein, so findet sich statt eines Sinkens der Temperaturfrequenz ein Steigen derselben. Es scheint, dass neben dem Sinken der Temperatur, Pulsfrequenz und Pulsfrequenz ein »febriler Zustand« durch das Lackiren erzeugt werde, doch letzterer das charakteristische Bild der Herabsetzung der genannten Functionen, bei geringer Ausdehnung der gefirnissten Fläche verdecken könne. GERLACH sah dem Absinken der Temperatur und der anderen Functionen bei Pferden stets eine Steigerung der Herzaktion und Athmungsfrequenz vorausgehen. Das Temperaturabsinken beobachtete er erst bei dem hienach folgenden Tode. Die Thiere zitterten und magerten sehr rasch ab. Einige Stunden vor dem Tode traten als Zeichen gestörter Rückenmarksthätigkeit Krämpfe in verschiedenen Muskel-

gruppen ein. Bald nach dem Lackiren fand SOCOLOFF im Harn Eiweiss. Die Section ergab eine diffuse parenchymatöse Entzündung der Nieren.

Was ist die Todesursache bei dem Ausschluss der Hautathmung? Die Versuche von FOURCAULT, GERLACH, DUCROIS, BECQUEREL-BRESCHET, MAGENDIE, GLUGE etc. ergaben Ueberfüllung der Gefässe, Blutanhäufung im Herzen und Erguss in die Höhlen des Thorax von serösen Flüssigkeiten, zum Beweise, dass die Nieren und Lungen die sekretorische Thätigkeit der Haut nicht übernommen haben; GERLACH fand bei Pferden eine Verminderung der Harnabsonderung. Es ergaben die Sectionen weiter: Hyperämie der Lungen, Leber, Milz, wässrige Ergüsse in die Pleura- und Bauchhöhle, Blutaustritte (Hämorrhagien) der Magenschleimhaut, Blutüberfüllung und Oedem der Haut, alles Beweise für eine eingetretenen Lähmung der Gefässnerven (FEINBERG). Man dachte vielfältig daran, vielleicht die zurückgehaltenen Stoffe, welche im Schweiss ausgeschieden werden, »Periretention«, die Ursache der Erkrankung sein könnten. EDENBUZEN sah in der unteren Ueberzuge eiternden Haut Tripelphosphatkrystalle (phosphorsaure Ammoniak-Magnesiumsalze). Hatte er kleine Partien der Haut von der Bestreichung frei gelassen, so konnte er nach dem Tode (mittels Hämatoxylinpapier) die Ausscheidung eines flüchtigen Alkali nachweisen, was bei gesunden Thieren nicht der Fall ist. Es ist fraglich, ob diese Ammoniakkrystalle sich nicht einzig auf die in den eiternden jauchigen Wunden unter dem eiternden Ueberzuge, wie sie EDENBUZEN bei seinen Thieren beschreibt, vor sich gehende Entzündung von Ammoniak durch Fäulniss beziehen. Dass diese krystallinische Ausscheidung von Tripelphosphat auch bei anderen Fäulnissprocessen im lebenden Thiere stattfinden kann, sah ich an Kaninchen, die ich mit Substanz aus brandigen Wunden geimpft hatte, und deren Unterhautzellgewebe unmittelbar nach dem Tode mit diesen Krystallen ganz durchsetzt war. Es scheint mir der Gedanke, dass es sich wenigstens bei einigen der beschriebenen Fälle des Lackirens um Zurückhaltung der sonst im Schweiss ausgeschiedenen flüchtigen Säuren handelt, sehr naheliegend zu sein. Dass derartige Säuren im Schweiss einen toxischen Einfluss veranlassen, steht fest. Ebenso ist bewiesen, dass durch Einführung von Säuren in das Blut sowohl die Herzfrequenz als die Temperatur herabgesetzt werden kann. Die eitrige Gefässerweiterung an der überfirnissten Haut führt, wenn eine entsprechend grösste Fläche der ganzen Hautfläche dadurch verändert ist, die starke Temperaturabnahme herbei, worauf ROSENTHAL und LASCHKEWITZ als eine Todesursache ansprechen. Doch konnte SOCOLOFF die Verminderung der Wärmeabgabe, indem er die Thiere in Watte wickelte, den Tod nicht hinausschieben oder die Temperatur bedeutend erhöhen.

Bei Erkältung tritt zuerst (als Einleitung einer Erkrankung) eine Erweiterung der Kapillargefässe: Hyperämie ein, entweder bei lokaler Erkältung an dem direct betroffenen Orte oder bei allgemeiner Erkältung an einem locus minoris resistentiae stets durch mechanische Uebertragung des Reizes von den Hautnerven auf die Gefässnerven des betreffenden Organs (HEINEKE). J. ROSENTHAL beobachtete, dass bei Kaninchen in einer Temperatur von 36—40° C. die Körperwärme sehr rasch auf 44—45° C. ansteigt, alle Gefässe und die Muskeln werden erweitert, die Muskeln gelähmt. Dauert der Versuch nicht zu lange, so bringt die Zimmerwärme das Thier zur Norm zurück, aber seine Körpertemperatur sinkt nicht auf normale auf 30° C. und weniger und kann Tage lang diesen niedrigen Stand einnehmen. Diese Abkühlung ist offenbar eine Folge der Lähmung der Hautgefässe. Es fliesst durch dieselben jetzt mehr Blut und das Thier wird abgekühlt. Wahrscheinlich tritt bei dem genannten »Erkältung« ein ähnlicher Zustand ein, dieselbe kommt bekanntlich auch beim raschen Uebergang aus abnorm heisser Luft in kalte vor, z. B. von einem Tanzsaal in einen kalten Raum. Die grosse durch die Haut strömende Blutmasse wird rasch abgekühlt und damit auch die inneren Organe.

## Die Resorption durch die menschliche Haut.

Die Anwendung einer Reihe äusserlicher Medikamente, Mineralbäder etc. beruht auf der Annahme einer Hautresorption. Zweifelsohne besteht eine solche für gasförmige Stoffe, (Gase). Die Haut theiligt sich bei der Athmung und absorbiert dabei Sauerstoff. Auch Narkotika oder anästhesirende Gase können, wie es scheint, resorbiert werden, so dass sie von der Haut aus wirken: Blausäure, Schwefelwasserstoff, Aether, Chloroform etc., vielleicht auch die Schweissdrüsen.

Eine Resorption flüssiger oder salbenartiger Stoffe von der unveränderten, normalen, menschlichen Haut aus ist dagegen bisher noch nicht sicher nachgewiesen. Die osmotischen Versuche mit Epidermis ergeben für die Aufsaugung ein negatives Resultat. Eine Aufnahme ein, so findet sie gewiss ebenfalls vor Allem durch die Drüsenmündung statt. VOLT fand mikroskopische Quecksilberkügelchen auf Durchschnitten der Epidermis, welche sogar in der Cutis, nachdem er an dem noch warmen Körper einer Hingerichteten an der Beugeseite des Vorderarmes eine Portion graue Salbe eingerieben hatte. DONDER'S Speichelfluss bei Hautentzündungen (Erysipelas) in Folge Quecksilberaufnahme in das Blut bei blossem Auflegen von Salben auf die entzündete Hautstelle eintreten. Dagegen konnte man nach einem Fussbad mit Jodkalium nur dann Jod in den Sekreten, in die es, sowie im Organismus ist, sehr rasch übergeht, nachweisen, wenn die Verdunstung des Jods aus dem Bade nicht (durch eine Oelschicht) gehindert war, wobei die Aufnahme des Jodes durch die Athmung stattgefunden hatte.

In ein neues Stadium ist die Frage über Hautresorption durch die Beobachtungen MOR'S getreten. Er konnte durch genaue Versuche, theilweise an sich selbst angestellt, die Aufnahme von wässerig gelösten Stoffen durch die unveränderte Haut nachweisen. Er experimentirte mit warmen Bädern von  $\frac{1}{2}$ —2 Stunden Dauer, welche grosse Quantitäten von Kalium, Ferrocyankalium, Chlorkalium, schwefelsaurem Eisenoxydul, Belladonna, Digitalis und Rhabarber enthielten. Er untersuchte Speichel und Harn, ohne jemals eine Spur der im Bade gelösten Stoffe in ihnen auffinden zu können; nach Belladonnabad trat keine Erweiterung der Pupillen ein, nach Digitalis keine Pulsverlangsamung, nach Rhabarber färbte sich der Harn nicht roth. PARISOT zeigte nun, dass die Unfähigkeit der Haut, wässrige Stoffe zu absorbieren, von ihrem Fettüberzug, den dieselbe durch den Hauttalg erhält, herrühre. Mochte er die Stoffe in einem Medium gelöst auf die Haut, welches den Hauttalg auflöst und entfernt, z. B. in Alkohol, Aether und am sichersten Chloroform, so stellte sich sogleich die Resorption ein. Atropinlösung, mit Chloroform vermischt auf die Haut applicirt, bewirkte, wenn die Stirn gehalten, in 3 Minuten Pupillenerweiterung, eine alkoholische Lösung bewirkte dasselbe erst nach einer halben Stunde, eine wässrige, essigsäure dagegen nicht.

Bei Fröschen ist die Hautresorption leicht nachzuweisen; v. WITTICH machte Versuche mit positivem Resultat über Vergiftung von Fröschen durch verschiedene Lösungen von der Haut aus.

## Die physiologische Hautpflege

Es sich vor allem die Aufgabe der Reinlichkeit. Tägliche Waschungen des Gesamtkörpers sind für das Wohlbefinden und die Gesundheit von grösster Wichtigkeit. Die Wirkung der Seife besteht in dem Auflösen des fettigen Schmutzes auf der Haut, der dem Wasser abgetrennt wird. Nach LIEBIG steht der Verbrauch der Seife in directem Verhältniss zur Kulturhöhe der Völker. Die Reinlichkeit steht in demselben directen Verhältniss zur durchschnittlichen Gesundheit. Man hat bei der militärischen Gesundheitspflege von Einrichtung regelmässiger Badegelegenheiten (Badezimmer in den Kasernen) für die Truppen



den wesentlichsten Einfluss auf den durchschnittlichen Gesundheitszustand (resp. Krankheitszustand) beobachtet. Es ist Pflicht, regelmässige Bäder den ärmeren Volksklassen durch städtische Einrichtungen zu ermöglichen. Keiner Corrections- oder Erziehungsanstalt darf ein Badezimmer mit regelmässiger Benutzung fehlen.

Der Wechsel der Leibwäsche ersetzt wenigstens in etwas das tägliche Bad des Gesamtkörpers. Die Leibwäsche saugt die Hautabsonderung in sich ein, sie nimmt in der Luft schwebenden Staub, der sich auf die Haut niederschlagen würde, auf und verhindert, namentlich durch fortwährendes Trockenhalten der Haut, die Ansammlung von Schmutz. Wir schicken unsere Leibwäsche von Zeit zu Zeit an unserer Statt ins Bad (PETTENKOFER). Während der Nacht verliert das ausgezogene Taghemd sein hygroskopisch aufgesaugtes Wasser und wird dadurch wieder von neuem geschickt, seine Functionen nochmals zu erfüllen. Eben so ist es am Tage mit dem Nachthemd.

---

# **Specielle Physiologie.**

---

## **II.**

### **Physiologie der Arbeitsleistung.**



# **I. Thierische Wärme.**

## **Siebzehntes Capitel.**

### **Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.**

---

**Wirkung abnorm niedriger und hoher Temperaturen auf den thierischen Organismus.**

Wir finden alle thierischen Organismen mit einer von der Temperatur der Umgebung in weiten Grenzen unabhängigen **Eigentemperatur** begabt. Ein normale, erwachsene menschliche Körper hat in der Achselhöhle gemessen eine ziemlich konstante Temperatur von etwa  $37^{\circ}$  ( $37,5^{\circ}$ ) C.

In der Konstanterhaltung der thierischen Wärme besteht eine der **Hauptfunctionen des Blutes**.

Wir haben das Blut als die Hauptursache der Wärmeproduktion in den höheren thierischen Organismen kennen gelernt. Auf seiner Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen und diesen den Organen zu ihren nöthigen Functionen zu übergeben, beruht die Möglichkeit der Wärmebildung während des Lebens. Sobald der Organismus aufhört, in physiologischer Weise Wärme zu bilden, stirbt er damit auf zu leben, da das thierische Leben zu allen seinen Functionen eine von aussen unabhängige Wärme bedarf. Aber auch noch abgesehen von der organischen Oxydation, welche das Blut ermöglicht, regelt das Blut auch durch seine Circulation die Wärme des Organismus und seiner Organe.

Die Betrachtung des Zellenlebens zeigte uns alle normalen organischen Vorgänge von einer konstanten, mittleren Temperatur abhängig. Der Muskel, der Nerv, die Drüsen werden in ihren Lebenseigenschaften beeinträchtigt, sobald ihre Temperatur um einige Grade unter die Norm sinkt. Wir sehen die Wirkung des Muskels, die Erregungsleitung im Nerven durch Kälte zuerst verlangsamt, dann ganz aufhören.

Bei lebenden Thieren (Kaninchen), deren Verhalten der künstlichen Abkühlung gegenüber studirt, zeigte sich, wenn die Temperatur bis zu einem gewissen Grad gesunken war, eine Bewegungssträgheit, dann Schwinden der Gehirnfunktionen. Der Tod durch Erfrieren erfolgt durch eine Gehirnanämie (Blutleere), welche durch Herabsetzung der Herzthätigkeit

durch die Kälte eintritt. Das Herz functionirt ebenso wie alle Organe, unter die normale Temperatur erkältet, weniger lebhaft. Bei weissen Kaninchen wird der Augenhintergrund im T durch Erfrieren blass, anämisch; es treten allgemeine Muskelcontractionen ein, in denen Tod erfolgt (A. WALTHER). Die Abkühlung bei Kaninchen gelang bis zu  $+15^{\circ}$ . Wenn Körper diese Temperatur angenommen hatte, war eine selbständige Wiedererholung Thieres nicht mehr möglich. Die Herzfrequenz sinkt durch Erkältung sehr bedeutend. Kaninchen, deren Herz sich in der Minute normal etwa 100—150 mal contrahirt, sinkt bei e Erkältung auf  $+20^{\circ}$  C. die Frequenz der Herzschläge auf 50, ja auf 20 in der Minute. E lich steht das Herz ganz still. Winterschlafende Säugethiere zeigen eine viel bedeutend Resistenz gegen die Abkühlung. WALTHER konnte den Ziesel (Suslik der südrossischen Stepp einen Winterschläfer, bis auf  $+4^{\circ}$  abkühlen, ohne dass er die Fähigkeit verlor, sich s ständig wieder zu erholen, wenn er in eine wärmere Temperatur von circa  $10$  bis  $12^{\circ}$  C. bracht wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass die Herzthätigkeit des Winterschläfers d die Temperaturerniedrigung nicht in so bedeutender Weise sinkt, als bei dem Kaninc Bei  $+20^{\circ}$  C. Körpertemperatur zeigte der Suslik noch 150 Herzschläge in der Minute.

Die Angaben der Reisenden in arktischen Gegenden bestätigen die Beobachtungen über Erkältung bei Thieren auch für den Menschen. Dr. med. KANE, der berühmte Nordpolfahrer, beschreibt die Wirkung der übermässigen Kälte zuerst als in einer im mehr zunehmenden Unlust zur Bewegung bestehend; die Hemmung der Bewegung d Kälte steigt endlich bis zu einem so hohen Grade, dass die Aktion der Muskeln ganz un möglich wird. Bald tritt eine Umnebelung der Sinne und Unfähigkeit zu denken ein, die fast widerstehlich zum Schlafen zwingt. Der genannte kühne Reisende beschreibt diesen Zust des Erfrierens, der ihn mehr als einmal an die directe Grenze des Todes geführt hat, schmerzhaft und ungemein peinlich. Er konnte Nichts von der Annehmlichkeit des Schlä werdens bei dem Erfrierungstode bemerken, von welcher man im warmen Zimmer zu träu pflegt. Es stimmt diese Selbstbeobachtung KANE's zu den oben angeführten Ergebnissen physiologischen Experimente, welche eine Verzögerung und schliesslich eine vollkomm Unfähigkeit der Bewegungsleitung im Nerven, sowie eine steigende Bewegungsunfähigkeit Muskel ergeben.

Die Beobachtungen WALTHER's lehren, dass das erkaltete Thier, trotzdem dass s Lebensfunctionen schon vollkommen erloschen scheinen, doch wieder zum Leben zuri gebracht werden kann. Wenn alle spontanen Bewegungen des erfrorenen Thieres (Kaninc) vorüber sind, wenn das Herz nur noch ganz schwach und selten schlägt oder ganz aufg hat sich zusammenzuziehen (bei einer Temperatur des Körpers von  $+15$  bis  $20^{\circ}$  C. .) zwar von selbst, auch wenn man das Thier künstlich wieder erwärmt, keine Erholung m ein. Man kann aber dem Anscheine nach seit 40 Minuten durch Kälte getödtete Thiere wie vollständig beleben, wenn man, zugleich mit künstlicher Wärmezufuhr von aussen, künstliche Athmung einleitet. Das Gehirn und die Nerven können, nachdem sie so lange lähmt waren, dadurch wieder belebt werden. KÜHN hat gezeigt, dass gefrorene Frosmuskeln nach dem Auftauen noch zuckungsfähig sein können. Die Beobachtung am Su ergibt, dass auch bei Warmblütern unter Umständen die Körpertemperatur sich dem Gefr punkte des Wassers sehr nähern kann ( $+4^{\circ}$  C., ja sogar  $2^{\circ}$  C., HORVATH), ohne dass dadu die Lebensfähigkeit gänzlich erlischt. Die winterschlafenden Säugethiere zeigen eine gr Abhängigkeit ihrer Eigentemperatur von der Lufttemperatur. In den Höhlen der Murm thiere beträgt letztere im Winter  $+3$  bis  $+5^{\circ}$ . Sinkt die Temperatur unter  $0^{\circ}$ , so erwach die Thiere und VALENTIN sah, dass bei so niedriger Temperatur der Winterschlaf gar n eintritt. Er fand den Ueberschuss der Körperwärme über die Luftwärme bei Murmelthie im Winterschlaf verschieden je nach der Tiefe des Schlafes. Der Temperaturüberschuss trug im Mittel bei aus dem Winterschlaf erweckten Individuen  $28^{\circ}$ , bei schlaftrunkenen 4 bei leisem Schlaf  $6^{\circ}$ , bei festem Schlaf nur  $4^{\circ},6$ . Das Leben wird durch die Kälte zuerst einige Zeit latent. HORVATH fand wie VALENTIN bei erwachten Thieren eine rasche Temperatursteigerung mit der Steigerung des Stoffwechsels. Derselbe Ziesel, welcher schlafend



+20° C. (Körpergewicht 152 Gramm) in der Stunde 0,015 CO<sub>2</sub> und 0,014 Wasser abgegeben, steigerte seine Abgaben erwacht auf 0,543 CO<sub>2</sub> und 0,098 Wasser. Bei einem einlaufenden Thier fand er die Körpertemperatur circa 2° niedriger als die Aussentemperatur. Bei schlafen normal niemals länger ununterbrochen als 5 Tage.

G. COLASANTI hat Hühnereier mehrere Stunden einer Temperatur von — 7 bis — 10° C. ausgesetzt, ohne dass ihre Entwicklungsfähigkeit irgendwie gelitten hätte, obwohl der Eizelle durch die Kälte einen vollkommen festen Zustand angenommen hatte.

Wie der thierische Organismus seine Eigentemperatur unter der fortgesetzten Einwirkung einer sehr bedeutenden Kälte nicht behaupten kann, so sehen wir seine Widerstandsfähigkeit höheren Temperaturgraden der Umgebung gegenüber ebenfalls nicht unbegrenzt. OBERNIER hat in seinen Versuchen Säugethiere in einer konstanten äusseren Temperatur von 40° C. in 2 bis 4 Stunden sterben, wenn er ihnen weder Wasser noch Nahrung reichte. Er beobachtet zu Anfang des Versuches die Eigentemperatur des Thieres etwas sinken, dann aber allmählich gleichmässig ansteigen, bis sie 45° erreicht hatte, wobei der Tod eintrat. Dem Tode geht zuerst ein Stadium der Ermattung und Schläfrigkeit voraus, dann folgten Allgemeinsymptome, die sich bis zum Tetanus steigern konnten. Der Tod trat unter Schwinden des Bewusstseins (Coma) ein. Es ist wahrscheinlich, dass bei diesem Versuche OBERNIER's die Thiere in einem mit Wasserdampf nahezu gesättigten Raum befanden. DE LA ROCHE u. A. (S. 626) haben nämlich schon die Beobachtung gemacht, dass Thiere in einer mit Wasserdampf überladenen Luft selbst wärmer werden können als das umgebende Medium und um 2 bis 6° C. Dagegen fanden DE LA ROCHE und BERGER bei Kaninchen, die sie einer hohen Temperatur von +50 bis 90° C. ausgesetzt hatten, nur ein langsames Steigen der Körpertemperatur (cfr. S. 639).

Ebenso wie auf den Gesamtorganismus sehen wir die gesteigerte Wärme auch auf die einzelnen Körperorgane von Einfluss. Bei höherer Temperatur sehen wir alle organischen Vorgänge zuerst rascher verlaufen. In den Nerven sehen wir die Leistungsfähigkeit für die Leitung sowie die Erregbarkeit ansteigen. Höhere Grade der Wärme vernichten aber sehr schnell die Lebenseigenschaft der Gewebe. Die Nerven und Muskeln, Blutkörperchen, Drüsen etc. sehen wir schon bei einer Erhöhung ihrer Temperatur um wenige Grade über die Normaltemperatur des Körpers plötzlich absterben, in Wärmestarre verfallen, welche auf die Gerinnung eines Theiles der in dem Gewebssaft gelösten Eiweisssubstanzen (Myosin etc.) beruht. Bei Kaltblütern tritt diese Gerinnung und in deren Gefolge der Tod des Geistes schon bei +40° C. ein, bei Säugethiere und dem Menschen zwischen +49° und 50° C., bei Vögeln erst bei +58° C. (KÜRNE). Das Protoplasma der Pflanzenzellen wird bei +46 bis 47° C. wärmestarr; das der Polythalamien und Amöben schon bei 42 bis 43° C. (SCHULTZE). Dagegen beobachtete HOPPE-SEYLER in den Thermen der Euganeen und auf Lipari lebende grüne Algen im Wasser bei einer Temperatur von +53° C. In den sulfidfreien Fumarolen bei Ischia fand derselbe Algen in einer mit Wasserdampf erfüllten Atmosphäre leben bei +60° C. Uebrigens sind die Temperaturdifferenzen zwischen den oberen (heisseren) und den tieferen (kälteren) Schichten der von den Thermen abfliessenden Bäder oft sehr bedeutend. HOPPE-SEYLER mass in einem Falle oben +44 bis 45°, unten +25°, in der tieferen Wasserschicht tummelten sich zahlreiche Fische, welche, in die oberen Schichten gebracht, sofort starben.

Die Körperwärme der Säugethiere liegt zwischen 36 bis 40° C., die der Vögel zwischen 40 bis 43° C. Die kaltblütigen oder nach BERGMANN wechselwarmen Thiere (Warmblüter sind die gleichwarmen Thiere) zeigen bei verschiedenen äusseren Temperatureinflüssen verschiedene Temperaturen. Im Allgemeinen sind sie bei äusserer niedriger Temperatur höher, bei äusserer hoher Temperatur niedriger temperirt als das Medium, in dem sie sich befinden, obwohl auch bei ihnen die Wärmebildung auf dem Stoffumsatz beruht. Der Frosch ist bei +15° um 0,3 bis 0,7°, bei 6° um 1 bis 2° wärmer als das umgebende Wasser (DUNN). Nach einem einstündigen Aufenthalt in einer Luft von +45° be-

trug seine Temperatur nach HUNTER  $27^{\circ}$ . Hier schützt die Verdunstung an der Leichte vor übermassiger Erwärmung, dem Schwitzen cf. unten analog.

### Die Körpertemperatur des Menschen (cf. bei Athmung S. 534)

Wenn auch im Allgemeinen die Temperatur des menschlichen Organismus eine konstante genannt werden kann, so setzt sich doch auch dieses Gekennzeichnete einer organischen Function aus regelmässigen Auf- und Abschwankungen zusammen. Es müssen sich selbstverständlich in der Temperatur des Körpers, die wir im letzten Grund als ein Produkt der Intensität der Lebensvorgänge im Organismus kennen gelernt haben (cf. bei Athmung S. 534) alle jene vielfältigen Schwankungen zu erkennen geben, die wir im Gesammten Organismus je nach seinen veränderlichen Allgemeinzuständen, vor Ab- und nach der Nahrungsaufnahme kennen gelernt haben, oder die sich in den einzelnen Organen entsprechend den Verschiedenheiten in ihrer Lebens- und Function ergeben.

Bei allen bisher betrachteten Lebensvorgängen zeigte sich an dem gesunden Individuum ein unablässiges Schwanken, ein Ansteigen und Absinken zu verschiedenen Zeiten, z. B. schon im Laufe eines Tages die inneren Bedingungen seiner organischen Verbrennung und Stoffumsetzung vielfältig wechseln. Die Nahrungsaufnahme, die Kohlensäure- und Harnstoffausscheidung, die Gallebildung, die Bildung der übrigen Verdauungssekrete, die Muskelthätigkeit im Schlafen und Wachen, ebenso die Gehirnthätigkeit etc. sehen wir niemals gleichbleibend, sondern in mehr oder weniger ausgesprochener Regelmässigkeit während der Tageszeiten in ihrer Intensität auf- und abwärts schwanken. Nur theilweise sind diese Schwankungen von der zu bestimmten Zeiten erfolgenden Nahrungsaufnahme abhängig, die Beobachtungen bei Individuen, denen während der Beobachtungszeit keine Nahrung gereicht wurde, zeigen auf das Deutlichste, dass ein analoges Wechseln auch von dieser stark wirkenden Ursache unabhängig, aus im Organismus selbst gelegenen Ursachen regelmässig erfolgt. Diese Tagesschwankungen in der Intensität der Lebensvorgänge bilden eine Analogie zu den in grösseren Zeiträumen verlaufenden thierischen Lebensperioden: Winter- und Sommerschlaf, Menstruation, Brunst, Haar- und Fellenwechsel etc. Alle diese Verschiedenheiten hängen auf das Innigste mit den verschiedenen Stärke der Verbrennungs- (Zersetzungs-) Vorgänge im lebenden Organismus zusammen. Den weit überwiegend grössten Theil der bei den thierischen Vorgängen frei werdenden Kräfte sehen wir als Wärme auftreten. Thierische Wärme wird also ähnliche Schwankungen wie jene erkennen lassen.

Wir haben die verschiedenen Lebensalter als Repräsentanten verschiedener allgemeiner Zustände des Körpers, vor allem charakterisirt durch den Verlauf seines Stoffwechsels, kennen gelernt. BERGSSON'S thermometrische Untersuchungen zeigen uns analoge Verhältnisse bei den verschiedenen Lebensalter, wie wir sie auch in Beziehung auf die Ernährungszustände derselben bei der Athmung, Organthätigkeit etc. gefunden haben. Wir sehen auch bei den Greisenalter wieder zu kindlichen Verhältnissen zurückkehren. Nach

Es beträgt die Mitteltemperatur aus vielfältigen Messungen in den Körpern während der verschiedenen Lebensalter :

beim Neugeborenen:	37,84
5— 9 Jahre alt:	37,72
12—20 -	37,37
24—24 -	37,22
25—30 -	36,94
34—40 -	37,40
44—50 -	36,87
51—60 -	36,83
80 -	37,46

Die Temperaturen bei verschiedenen Nahrungsweisen sind noch nicht näher sucht, doch ergaben die vorhandenen Bestimmungen deutlich eine Steigerung der Temperatur mit der Nahrungsaufnahme überhaupt, wie sie die damit verbundenen chemischen Umsetzungen im Organismus erwarten liessen. Auch hier mag aus vielen Beispielen eine Bestimmung von BÄRENSPRUNG angeführt werden :

Um 5—7 Uhr (Morgens im Bett)	betrug seine Temperatur	36,68° C.
- 7—9 - (Kaffee)	-	37,46 -
- 9—11 - —	-	37,26 -
- 11—1 - —	-	36,87 -
- 1—2 - —	-	36,83 -
- 2—4 - (Mittagessen)	-	37,45 -
- 4—6 - —	-	37,48 -
- 6—8 - —	-	37,48 -
- 8—10 - (Abendessen)	-	37,02 -
- 10—12 - —	-	36,85 -
- 12—2 - (aus dem Schlafe geweckt)	-	36,65 -
- 2—5 - —	-	36,34 -

Die Tabelle zeigt die Temperatur nach dem Mittagessen während der Verweilperiode am höchsten. Wie nach dem Mittagessen findet sich dieses Verhalten der Temperatur auch nach dem Frühstück. Bei dem (leichten) Abendessen lässt sich keine neue Ansteigung erkennen. Es rührt das daher, dass am Abend aus inneren Gründen die Temperatur des Körpers so bedeutend sinkt, dass eine durch das Essen gesetzte Steigerung durch das überwiegende Absinken der Temperatur aus den inneren Ursachen verdeckt wird. In meinen Beobachtungen, welche älteren entsprechen, ist die Temperatur nach Nahrungsaufnahme während der Abendstunden am niedrigsten. LICHTENFELS und FRÖNLICH sahen zwei leichte Erhebungen der Temperatur des Körpers trotz Nahrungsenthaltung eintreten, die erste 14 Stunden, die andere 49 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Es scheint wahrscheinlich, dass der Organismus, durch regelmässige Einhaltung der Essenszeiten an eine regelmäßige Thätigkeit gewöhnt, diese auch bei Nahrungsenthaltung in der ersten Zeit nicht verändert. Meine Beobachtungen am hungernden Menschen ergaben an weiten Hungertage die Hauptsteigerung der Temperatur auch auf 3 Uhr mittags, wohin sie bei BÄRENSPRUNG in Folge der gebräuchlichen Mittagessenszeit in Deutschland fällt.

Wenn schon aus diesen Beobachtungen sich ergibt, dass durch Nahrungsaufnahme, und zwar in Folge der durch sie gesetzten Steigerung der Drüsen-thätigkeit und damit der Oxydation, die Körpertemperatur erhöht werden kann, so ergeben die Bestimmungen an hungernden Thieren das gleiche Resultat von der entgegengesetzten Seite. Durch Nahrungsentziehung wird die Temperatur des hungernden Körpers erniedrigt. Nach LICHTENFELD und FRÖHLICH sinkt die mittlere Temperatur des Menschen bei Nahrungsentziehung von kürzerer Dauer auf  $36,60^{\circ}\text{C.}$ , während sie bei normaler Nahrungsaufnahme dafür  $37,47^{\circ}\text{C.}$  gefunden hatten. CHROSSAT und SCHMIDT fanden bei verhungerten Thieren, dass sich etwa vom zweiten Tage an die nur wenig gesunkene Temperatur konstant erhält, erst gegen den Todestag sinkt sie stark ab. Eine verhungerte Katze starb mit einer Temperatur von  $33^{\circ}\text{C.}$  (SCHMIDT ihre Normaltemperatur hatte zwischen  $38$  und  $39^{\circ}\text{C.}$  betragen).

An diese physiologischen Schwankungen der Temperatur schliessen sich Veränderungen der Körperwärme in Krankheiten an. Wir sehen bei Fieberanfällen die Körpertemperatur ansteigen bis ziemlich weit über die normale Grenze; die höchste am Menschen beobachtete Fiebertemperatur scheint  $44,5^{\circ}\text{C.}$  Es wird von den besten Beobachtern angenommen, dass diese gesteigerte Körpertemperatur mit gesteigerten Oxydationen und vermehrtem Verbrauch von Körperstoff im Fieber Hand in Hand gehe. Man kann im Fieber eine gesteigerte Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe sowie Harnstoff nachweisen (S. 538 und unten). Bei starker Herabsetzung der organischen Thätigkeiten, wie sie bei fortgesetzten Schwächezuständen vorhanden zu sein pflegen, am auffallendsten gegen den Eintritt des Erschöpfungstodes, sehen wir die Temperatur bedeutend absinken. Bei Cholera sinkt die Temperatur in der Achselhöhle auf  $26,6^{\circ}\text{C.}$  Die eben angeführten Temperaturextreme,  $44,5^{\circ}\text{C.}$  bei Fieber und  $26,6^{\circ}\text{C.}$  bei Cholera, scheinen mit der Erhaltung des Lebens unverträglich zu sein. Danach liegt die Grenze nach abwärts beim Menschen höher als bei Säugethieren, namentlich bei Kaninchen (und Winterschläfern) und Vögeln, deren Wärme normal etwas höher ist als die der Säugethiere, sterben, wenn ihre Eigentemperatur auf  $26^{\circ}\text{C.}$  gesunken ist.

An der Hervorbringung der Körpertemperatur betheiligen sich die einzelnen Organe je nach dem Grade ihrer Thätigkeit. Gesteigerte Nerventhätigkeit durch geistige Beschäftigung steigert nach J. DAVY die Körpertemperatur um etwa  $0,3^{\circ}\text{C.}$ , dauernde Muskelanstrengung hebt sie nach demselben Autor um  $0,7^{\circ}\text{C.}$  FOREL, E. CALBERLA fanden beim Bergsteigen eine Erhöhung der Temperatur um  $0,2$  bis  $0,5^{\circ}\text{C.}$  im Rectum und der Achselhöhle. ZIEMSEN zeigte, dass der Grund für die im letzten Falle gesteigerte Wärme in den Muskeln selbst zu suchen sei. Auch einige Zeit nach dem Sistiren der Bewegung der Muskeln geht die Erwärmung noch fort, wie sich durch Temperaturerhöhung der über den Muskeln liegenden Hautstellen (bis um  $4^{\circ}\text{C.}$ ) zu erkennen gibt. Gelähmte Glieder, deren Muskeln in Unthätigkeit verharren, zeigen eine niedrigere Temperatur als die analogen nicht gelähmten desselben Körpers. Durch elektrische Reizung kann in ersteren die Temperatur der normalen angenähert werden. Die Temperaturzunahme durch Muskelaktion entsteht sehr rasch.

Abgesehen von den allgemeinen Wärmeschwankungen des Körpers durch die wechselnde Intensität der Organthätigkeit, zeigen auch die verschiedenen

**Körpertheile**, äusserliche und innerliche, keine gleiche Temperatur. **rührt** dies hauptsächlich von der Verschiedenheit der Blutzufuhr und von **damit** verbundenen Verschiedenheit in der Grösse der Zersetzungs Vorgänge **verschiedenen** Organen her. In dem Bindegewebe sehen wir die **Lebensgänge** weniger lebhaft verlaufen als in dem Drüsen-, Muskel- und Nervengewebe. Wir müssen daraus erwarten, dass z. B. die aus Bindegewebe bestehende Haut normal etwas weniger hoch temperirt sein müsse als die bevorzugteren Organe. Die definitive Entscheidung dieser Frage wird daher unmöglich, dass auf der Hautoberfläche eine starke, beständige Abkühlung stattfindet, welche für sich die Hauttemperatur herabsetzt. Das Bindegewebe der Haut fanden BECQUEREL und BRECHET um  $2,4^{\circ}$  C. weniger warm als die Körpermuskulatur. Die Baucheingeweide, namentlich die Leber, haben eine höhere Temperatur als Lungen und Gehirn. Die Temperaturmessungen in der Achselgrube geben um  $0,25$  bis  $0,5^{\circ}$  C. niedrigere Werthe als die unter der Zunge in der geschlossenen Mundhöhle. Scheide, Mastdarm, etc. sind um etwa  $1^{\circ}$  C. wärmer als die Achselgrube.

Das Blut, in welchem selbst nur eine sehr geringfügige Wärmeproduktion stattfindet, hat aber die wichtige Aufgabe, die verschiedenen Temperaturen der einzelnen Organe, indem es bei der Circulation in den höher temperirten Wärme aufnimmt und in den weniger warmen Wärme abgibt, auszugleichen. Auf diese Weise wird die Blutcirculation zum Regulator der Körperwärme.

Das Blut besitzt in verschiedenen Gefässen eine verschiedene Temperatur. BESCHOFF, G. V. LIEBIG, CL. BERNARD, LUDWIG u. A. haben dafür die experimentellen Beweise geliefert. In den Hautvenen ist das Blut kälter als in den Hautarterien, da es in ersteren einen Theil seiner Wärme an die Haut abgeben hat. Dagegen steigt die Temperatur des Blutes, während dasselbe die Organe: die Nieren, Leber, Speicheldrüsen, oder die Muskeln durchsetzt, am stärksten bei erhöhter Thätigkeit dieser Organgruppen. Die Vena cava superior, welche das Blut aus Theilen des Körpers zurückbringt, welche der Abkühlung vor Allem ausgesetzt sind, zeigt sich etwas kühler als das Blut der Vena cava inferior, welche das Blut namentlich aus den arbeitenden grossen Organen dem Herzen zuführt. Das Blut des rechten Ventrikels ist meist wärmer als das des linken, welches nach Durchsetzung der Lunge eine Abkühlung erfahren hat (cf. S. 547). Stets sind aber die gemessenen Unterschiede in der Bluttemperatur, wie sich aus der grossen Geschwindigkeit der Bluthbewegung selbst erwarten lässt, nur gering.

H. KRONECKER und M. Ph. MEYER construirten verschluckbare kugelförmige Maximalthermometer, sowie cylinderförmige, welche geeignet sind, im Blutgefässsystem lebender Thiere zu circuliren: Schwemithermometer. Damit beobachteten sie (an Hunden), dass die Magentemperatur im Magen um etwa  $0,5^{\circ}$  niedriger ist als im Rectum. Durch Nahrungsaufnahme steigt im Magen, aber auch ziemlich gleichzeitig im Rectum, die Temperatur um  $1,3^{\circ}$ , dasselbe bewirken chemische, mechanische und psychische (?) Reize. Am ersten Hungertag sinkt die Magentemperatur, hebt sich aber später wieder. Die niedrigste Bluttemperatur innerer Theile ergab die Vena azygos  $37,7^{\circ}$ , gleichzeitig die Vena renalis  $38,2^{\circ}$ , linker Herzventrikel  $38,3^{\circ}$ , mittlerer rechter Lungenlappen resp. Pulmonalarterie  $38,4^{\circ}$ , im Rectum des 24 Stunden hungernden Thieres  $38,6^{\circ}$ , Rectum  $39,5^{\circ}$ .



### Die Wärmeregulierung des Organismus.

Wie verhält sich der Organismus gegenüber verschiedenen äusseren Einwirkungen auf seine Körpertemperatur? Wodurch ist der Organismus des Warmblüters befähigt, seine Eigentemperatur bei relativ sehr verschiedenen Aussentemperaturen in den angegebenen Grenzen annähernd konstant zu erhalten? Eine wirklich konstante Temperatur besitzt der Organismus nicht.

Wir haben gesehen, dass in extremen Fällen die Wärmeregulierungseinrichtungen des Organismus nicht im Stande sind den äusseren Einflüssen auf Dauer einen ausreichenden Widerstand entgegenzusetzen. Auch geringere Grade der Einwirkung jener Agentien sehen wir nicht spurlos an dem Körper vorbeigehen. So zeigt sich, dass ein Aufenthalt in heissen Klimaten mit einer erkennbaren Steigerung bis zu  $1^{\circ}\text{C}$ . der Mitteltemperatur verknüpft ist bei Individuen, welche in einem kälteren Klima zu wohnen gewöhnt sind (J. DAVY, BROWN, SÉQUARD). Die Körpertemperatur sinkt bei stundenlangem Aufenthalt in der Kälte, besonders wenn derselbe mit gezwungener Körperruhe verbunden ist (z. B. in der Kirche im Winter), etwa um  $1^{\circ}\text{C}$ . (J. DAVY). Alle die beobachteten Schwankungen halten sich aber in verhältnissmässig engen Grenzen, welche nur verständlich werden, wenn Regulierungseinrichtungen der Temperatur fort und fort, den äusseren Einwirkungen entsprechend, thätig werden. Ein Theil dieser Regulierung wird von uns willkürlich und mit Absicht in Thätigkeit gesetzt (Muskelbewegung, Kleiderwechsel, Heizung, kalte Bäder, kalte Speisen etc.). Ein anderer Theil erfolgt ohne unseren Willen, vor Allem reflexorisch.

PFLÜGER's u. A. Versuche (cf. Athmung S. 534) beweisen, dass gesteigerter Wärmeverlust des Organismus, wodurch dessen Normaltemperatur herabgesetzt zu werden droht, durch gesteigerte Thätigkeit der wärmeerzeugenden Organe, Steigerung des Wärme producirenden Stoffwechsels, ausgeglichen, ja übercompensirt werden kann. Ausserdem aber wirken noch eine Reihe anderer Momente für die Wärmeregulierung mit.

Der Körper kann Wärme verlieren: durch Leitung, Strahlung und Verdunstung.

Die Körperwärme abführenden Organe, deren Thätigkeit sich je nach dem Bedürfniss des Körpers modificirt, sind vor Allem die Haut und die Lunge. Durch Leitung können beide Organe entsprechend ihrer Oberfläche Wärme an das umgebende Medium, Luft oder Wasser, abgeben. Das Wärmeleitungsvermögen der Luft ist sehr gering, das des Wassers viel besser. Je dünner bei dem Menschen an einer Hautstelle die Epidermis, welche die Wärme schlecht leitet, je weniger erstere behaart ist, um so stärker wird von ihr der Wärmeabfluss durch Leitung sein können, wenn wir sie unbekleidet beobachten. Ein anderer wesentlicherer Faktor ist die Ausdehnung und Füllung der Blutgefässe in der Haut. Auch die Gestalt der Organe ist nicht gleichgültig für den Wärmeverlust. Uebereinstimmend mit der Erfahrung, dass die Wärmestrahlung und Leitung aus schmalen, spitzigen Körpern mit relativ grosser Oberfläche leichter stattfindet, sehen wir die Nasenspitze, Ohren, Finger und überhaupt die Extremitäten sich leichter und rascher abkühlen als den Rumpf. Am mächtigsten wird

**Verdunstung** auf den Wärmeabfluss. Bei einer schwitzenden Haut tritt **lockener, bewegter Luft** ein Maximum der Wasserverdunstung und also auch **Wärmeverlustes** ein. Die Abkühlung in den Lungen nimmt, da die **Temperatur** in der ausgeathmeten Luft mit der rascheren Athemfolge nicht nennens-  
**th sinkt**, mit der Zahl und dem Umfang der Athemzüge direct zu; ebenso **zunehmender Geschwindigkeit** des Blutstromes in den Lungen.

Je nach der Verschiedenheit der Fälle sehen wir die genannten Regulatoren **entsprechendem, verschiedenem Grade** in Wirksamkeit treten. Eine **Ver-  
 rüfung** der äusseren Temperatur bringt zuerst eine Erweiterung der **at-  
 gefässe** in der Haut hervor. Das reichlicher aus den inneren wärmeren **an-  
 en** zugeführte Blut steigert die Temperatur der Haut, welche dann durch **ab-  
 hlung** und Leitung eine bedeutendere Wärmemenge abgeben kann. Die **ab-  
 öhte Flüssigkeitsmenge** in dem Hautgewebe, welche der gesteigerten Blut-  
 uhr entspricht (Turgor), erhöht auch die Verdunstung. Bei noch höheren **er-  
 seren** Wärmegraden sehen wir endlich Schweissbildung eintreten und damit **rich-  
 ch** gesteigerte Verdunstung den Wärmeabfluss so bedeutend gesteigert, dass **h-  
 b** der Körper selbst sehr hohen Temperaturen, so lange er schwitzen kann **lan-  
 ge** die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist und die Hautthätigkeit **ht-  
 sistirt**), anzupassen vermag. BLAGDEN und Andere nach ihm hielten es **hrere  
 Minuten** in einer trockenen Wärme von  $+79^{\circ}$  C. aus, A. BERGER und **LA  
 ROCHE** 8 bis 16 Minuten bei  $100^{\circ}$  bis  $+127^{\circ}$  C. BLAGDEN sah dabei seine **tem-  
 peratur** nur um  $1^{\circ}$  C. steigen. Bei Kaninchen beobachtete man ebenfalls in **er  
 trockenen** Wärme von  $50^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$  C. nur eine Steigerung der Temperatur **u  
 wenige** Grade (cfr. S. 633).

Unter Umständen können die angeführten Wärmeregulatoren »gelähmt« **n,  
 so** dass sie unzweckmässig, zu stark oder zu schwach wirken. Auf Durch-  
**meidung** des Rückenmarkes am Halse sinkt die Körpertemperatur, wir sehen **u  
 Thiere** fortleben, aber gleichsam kaltblütig geworden. Durchschneidung **u  
 Sympathicus** am Halse oder an den Lendenwirbeln bewirkt ebenfalls eine **bringe)  
 Herabsetzung** der Körperwärme, um so bedeutender, je umfangreicher **r  
 durch** die Durchschneidung gelähmte Gefässbezirk. Die Experimente von **u-  
 tger, Voit** u. A. (cf. Athmung S. 534) beweisen, dass hierbei auch eine Ver-  
**änderung** der Wärme producirenden Processe im Körper eintritt. Ein weiterer **und  
 der** Temperaturerniedrigung liegt in einer durch die Rückenmarksdurch-  
**schneidung** gesetzten Erweiterung der peripherischen Blutgefässe, **u-  
 durch** eine gesteigerte Hauttemperatur und dadurch gesteigerter Wärme-  
**abfluss** gesetzt wird. Solche Thiere leisten jeder Abkühlung nur einen geringen **u-  
 derstand**. Setzt man künstlich ihren Wärmeabfluss durch Einhüllung z. B. **u-  
 ab,** so sieht man sie nicht mehr kälter, sondern die Hauttemperatur dem ge-  
**steigerten** Blutzufluss entsprechend wärmer werden (TSCHESCHICHIN). Beschleu-  
**igung** der Circulation im ganzen oder namentlich in den peripherischen **u-  
 anen** steigert den Wärmeabfluss des Körpers. Auch künstliche, gesteig-  
**erte** Athmung kann (an curaresirten Thieren) die Temperatur herabsetzen **u-  
 MANN, RIEGEL**). Ebenso kalte Wassereinspritzungen in das Rectum.

**Ähnlich** wie in den vorliegenden Fällen, in welchen die Differenz zwischen **u-  
 der** Temperatur des umgebenden Mediums und der Wärme abgebenden Ober-  
**fläche** gesteigert und dadurch der Wärmeabfluss proportional gemehrt wurde,

kann offenbar das Sinken der Temperatur auch auf einer vorübergehend dauernden Verbesserung des Wärmeleitungsvermögens der Organe beruhen. Das Leitungsvermögen des Wassers wird durch Auflösung von Salzen verbessert, wie schon die Versuche von TRAILL ergaben. Mit der kranken oder physiologischen stärkeren Concentrirung der thierischen Flüssigkeiten, also wohl das Wärmeleitungsvermögen ebenso steigen, wie ich das für die menschliche Leitungsvermögen derselben beweisen konnte. Die Beobachtungen am Winterschläfer im Vergleich mit anderen Thieren zeigen deutlich, dass sich bei den sich hier ergebenden Unterschieden im Widerstande gegen die Kälte vor Allem um besseres Leitungsvermögen der Organe für Wärme handeln müsse. Sicher sind hierin die Thierarten und auch einzelne Individuen derselben Species sehr verschieden. Die Zugvögel und Wanderthiere konnten der Abkühlung nicht genügend trotzen. Nach den Messungen PARRY'S dagegen die Wärme arktischer Thiere bei einer Temperatur der Luft bei  $-30^{\circ}$  immer noch  $+35$  bis  $40^{\circ}$  C.

MANTEGAZZA beobachtete Temperaturerniedrigung im Innern des Körpers bei schmerzhafter sensibler Reizung. REIDENSTAIN glaubt, dass diese Temperaturabnahme reflectorische Reizung des vasomotorischen Centrums und Beschleunigung der Blutcirculation zu Stande komme, doch war das Resultat bei starker directer electricischer Reizung des Rückenmarks selbst inkonstant.

**Arztliche und hygieinische Bemerkungen.** — Das gesteigerte Abkühlungsvermögen, welches wir durch gewisse Gifte eintreten sehen Alkohol, Morphin, Nicotin, Curare, sowie durch gesteigerte Muskelaction A. WALTHER beruht auf analogen Veränderungen der Gefasslumina wie nach Rückenmarks- oder Gefässnerven-schneidung. Das Nicotin (Tabak) erweitert, wenn nicht heftige Krämpfe durch hervorgerufen werden, die peripherischen Gefässe. Aehnlich wirken Vergiftung mit Alkohol. Besonders die letztere Thatsache ist wichtig, da der Volksaberglaube Brantwein im Gegensatz zu den beobachteten Wirkungen eine wärmende Eigenschaft erkennt. Anstatt seine Wohnung zu heizen, trinkt der Arme Brantwein. Die Wirkung der Wärme im subjectiven Gefühle beruht auf einer durch den Alkohol gesetzten Gefässerweiterung, welche den frierenden Theilen für den Augenblick mehr Wärme zufließen lässt. Ganz anders aber die im Körper vorhandene Wärme übermässig rasch verbraucht, wird also nur gut und warm gekleidete, gut genährte Individuen im Winter zu erwärmen vermögen. Die Todesfälle durch Erfrieren im Winter beziehen sich gegen zur übergrossen Mehrzahl auf mangelhaft gekleidete Betrunkene. Nach A. ist Alkohol im Fieber ein Temperatur herabsetzendes Mittel. Er wirkt auch auf die postmortale Temperatursteigerung (s. diese). PARRIS constatirte bei vollkommen gesunden Männern Alkohol Cognak in massigen Gaben bei ruhendem Magen die Temperatur im Rectum 1 bis 3 Stunden nach der Aufnahme herabzusetzen. Ein analoges Urtheil ist über ein anderes Volksmittel, sich in strenger Kälte zu erhitzen, abzugeben, die Muskelbewegung. Auch für sie fand WALTHER, dass sie die Wärme abgibt, und zwar aus demselben Grunde wie der Alkohol. W. WINTERSTEIN benutzte sinnreichen Apparate die Schwankungen der Wärmeabgabe an der Haut je nach Reichtum derselben bestimmt. Bei Gliedern, künstlich nach der Methode von REIDENSTAIN blutleer gemacht, war die Wärmeabgabe bis zu 25,6% geringer als bei normalem Blutstrom, mechanisch oder durch Senfspiritus erzeugte Hauthyperämien liessen die Wärmeabgabe um 22,45% ansteigen. Im Fieber fand er die Wärmeabgabe 5,4% vermehrt.

Das grösste Gewicht in der Reihe der abkühlenden Momente legt W. WINTERSTEIN auf die Steigerung der Circulation. Wir sehen in Folge gesteigerter Wärme-

Es auch eine Ansteigung der Pulsfrequenz eintreten. Die täglichen Wärmeschwankungen liegen den täglichen analogen Pulsschwankungen etwas voran. LIEBERMEISTER hat erwiesen, dass mit der krankhaft gesteigerten Temperatur im Fieber in entsprechender Weise der Puls ansteige. Auch hier lässt sich oft die Temperatursteigerung als das Primäre erkennen.

LIEBERMEISTER fand

bei den Temperaturen:

37°; 37,50; 38°; 38,50; 39°; 39,50; 40; 40,50; 41°; 41,50; 42°.

die mittlere Pulszahl:

78,6; 94,4; 94,2; 94,7; 99,8; 102,5; 108,5; 109,4; 110; 118,6; 127,5.

WALTHER fand, dass die Schnelligkeit der Abkühlung in geradem Verhältniss steht zur Frequenz des Herzschlages. Wir haben also in der Veränderung, welche die Herzschlagfrequenz durch die Verschiedenheiten der Temperatur erleidet: Beschleunigung durch die Wärme, Herabsetzung durch die Kälte, einen wichtigen Wärmeregulator. Analog wirkt vermehrte und verminderte Athemfrequenz.

Die Wärmeabgabe durch Leitung nimmt im directen Verhältnisse mit dem Temperaturunterschiede der sich berührenden, verschieden warmen Körper zu und ab. Für Regulirung der Körperwärme gegen Abkühlung wird, abgesehen von der Steigerung der Wärme producirenden Processe durch Kälte (PFLÜGER u. A. S. 229 ff.), zuerst und vor Allem die Oberflächentemperatur der Haut herabgesetzt dadurch, dass sich auf den Kältereiz die Hautgefässe contrahiren und in Folge davon in der Zeiteinheit eine geringere Blutmenge durch sich hindurchgelassen werden. Der Haut wird dadurch weniger Wärme zugeführt, sie wird kälter, die Wärmeabgabe wird dadurch verlangsamt. In exakter Weise haben verschiedene Versuche die Wärmeabgabe der Haut, je nach ihrer Blutfüllung, zuerst KERNER und dann mittelst thermoelectrischer Messungen CHRISTIANI und DRECKER bewiesen. Dadurch, dass die Wärmeabgabe verlangsamt wird, kann unter Umständen der durch die gesteigerte Abkühlung an sich gesetzte gesteigerte Wärmeverlust für den Gesamtkörper überkompensirt werden. LIEBERMEISTER fand, dass durch ein kaltes Sturzbad, Ausziehen der Kleider in kalter Luft und analoge Einflüsse, die Temperatur in der Achselhöhle steigt. Analoge Beobachtungen machte PFLÜGER an Thieren (S. 229 ff.). In Folge dieser durch die äussere Kälte im Organismus gesetzten Temperatursteigerung müssen alle Organfunktionen und Zersetzungen in ihm an Intensität zunehmen, da wir ja wissen, dass eine mässig gesteigerte Temperatur diesen Erfolg besitzt. Die Verengerung der Hautgefässe und die gesetzte Aufspeicherung von Wärme im Inneren des Körpers bedingt also nicht nur eine Verringerung des Wärmeverlustes, sondern auch eine Steigerung des Stoffumsatzes in den vor Allem Wärme erzeugenden Organen, die auch in der vermehrten Blutzufuhr entsprechend mehr Oxydationsmaterial erhalten.

TSCHESCHICHIN fand, dass nach Durchschneidung des Gehirnes zwischen Pons und Medulla oblongata eine beträchtliche Temperaturerhöhung des Körpers eintrat, wenn man die operirten Thiere vor Abkühlung schützte, im entgegengesetzten Falle Temperaturerniedrigung. J. SCHREITER bestätigt diese Beobachtung für Verletzungen des Kleinhirns, der Pedunculi cerebri, der Marklager des Grosshirns. Die Verletzung einer zwischen Medulla oblongata und dem Hirns gelegenen bestimmten Stelle lasse dagegen die Temperatur des Versuchs-



thieres steigern, auch wenn es nicht vor Abkühlung geschützt wird. SCHICHAU vermuthet, dass für die gefässverengenden Centra sich in ein Moderationscentrum befinde, mit dessen Lähmung die Erregung des Blutes durch verminderten Wärmeabfluss erfolgt.

Ist die Wirkung der Kälte so bedeutend, dass eine wirkliche Herabsetzung der Körpertemperatur erfolgt, so tritt nun als weiterer Regulator die Verminderung des Herzschlages und der Athemfrequenz ein. Auch die in der Kälte gesetzte Bewegungsverminderung wirkt im Principe wärmeerhaltend, dagegen S. 643. WALTHER hat gezeigt, dass todté Thiere sich sehr weniger rasch abkühlen unter denselben Umständen als lebende, was den vollkommenen Bewegungsmangel schiebt. Es muss hier aber auch an die post mortale Temperatursteigerung der Leiche erinnert werden, durch die eintretende Starre in den Geweben Myosingerinnung und Gerinnung hervorgerufen wird. In der Kälte sehen wir reflectorisch, dass die abkühlende Oberfläche möglichst verkleinern, sich zusammenkugeln, auch dadurch den Wärmeabfluss zu verringern. Je kleiner relativ die Oberfläche, desto geringer ist natürlich der Wärmeverlust, grössere Organismen, welche im Verhältniss eine kleinere Körperoberfläche besitzen als kleinere, erkalten weniger leicht als letztere. Bei Säuglingen und Kindern kommt diesem Momente noch andere den Wärmeabfluss sehr begünstigende hinzu, unter denen ich hier an die hohe Athem- und Herzfrequenz erinnern will.

Die Erkaltung wird bei jedem Individuum um so rascheren Erfolg finden, je geringer die Summe von Wärme ist, die der Körper enthält. Wir haben es hier sicher mit einer Folge der Ernährungsweise zu thun, mit einem Effect der wechselnden Körperzustände zu thun. Wir werden in nächster Folge sehen, dass je nach der Nahrung die im Körper vorhandene Wärmemenge sehr wechselnd ist. Da die verschiedenen Lebensaltersstadien, schlechter, Armuth und Reichthum etc. derartig verschiedene Körperzustände repräsentiren, so ist es wohl verständlich, warum Arme, Kinder, Greise, Rekonescenten mehr frieren als robust genährte Männer. Jeder Wärmeverlust repräsentirt bei den ersteren einen viel grösseren Bruchtheil der Gesamtwärmequantität als bei den letzteren. WALTHER'S kalometrische Versuche lehren direct, dass die Wärmemenge in verschiedenen Individuen derselben Thierspecies sehr schwankend sein könne. Bei dem Winterschläfer, der der Kälte so gut zu trotzen vermag, ergab sich stets eine höhere Wärme als bei den Kaninchen.

BROWN-SEQUARD, THOLOZAN LOUBARD haben entdeckt, dass bei Eintauchen einer Extremität in kaltes Wasser, aber auch bei Einwirkung anderer Reize die Temperatur der Extremität, durch reflectorische Gefässcontraction, langsam sinkt. Reizt man ein Knie, so fällt zuerst am anderen Ohr die Temperatur, später steigt sie wieder.

Die Einwirkung peripherischer Abkühlung hat nach übereinstimmender Angabe der Beobachter SENATOR, RIEGEL u. A. eine Aenderung in der Wärmevertheilung des Organismus zur Folge. Nach lokalen oder allgemeinen Wärmeeintrüben sinkt bei Thieren die Blutwärme in der V. cava inf. und Aorta thorac. entweder sofort oder nach einer kurz dauernden geringen Erhöhung. Langsamer erfolgt der Temperaturabfall in der hohlen Rectum, Vagina und namentlich in den Muskelschichten, was sich aus der Veränderung der Circulation durch die Kälte erklärt.



Die Muskelthätigkeit spielt (ADAMKIEWITZ) für die Constanterhaltung der Körpertemperatur eine hohe Rolle. Vermindert man die Muskelbewegung z. B. durch Narkosen der Thiere, so sinkt die Temperatur ab. Die Temperatur der thätigen Muskeln ist im lebenden Organismus eine relativ sehr hohe. Da sie die Höhlen des Körpers umschliessen, kann die Wärme aus letzteren nur dann durch die Muskeln abfliessen, wenn sie zur hohen Temperatur der Muskeln ansteigt. Daraus folgt, dass, wie die Beobachtung lehrt, die Körpertemperatur von Innen heraus bis zur Grenze der Muskelschichten nur langsam, während in der äusseren Zone des Körpers: Unterhautzellgewebe, Haut, die Temperatur sehr schnell abfällt. — An den Temperaturschwankungen der Umgebung nehmen vorwiegend nur diese äusseren Schichten theil.

**Wärmeleitung der Haut.** Nach den Beobachtungen von F. KLOTZ und ADAMKIEWITZ leitet die Haut der grossen Körperflächen die Wärme in allen Richtungen gleichmässig, anders die Haut der Extremitäten. Das Fettgewebe setzt die Wärmeleitungsfähigkeit der Haut beträchtlich herab. Die Lederhaut leitet die Wärme um so schlechter, je dicker sie ist, die Epidermis ist ausserordentlich schlechter Wärmeleiter. Die Muskeln leiten die Wärme schlechter (?) als Wasser.

## Die Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch.

Nach den FRANKLAND'schen Bestimmungen der Verbrennungswärme der Nahrungsmittel (140) können wir aus den Beobachtungen über den Gesamtstoffwechsel die von dem Menschen in einer bestimmten Zeit gelieferte Wärmemenge annähernd berechnen. Ich theile aus meinen Stoffwechselversuchen am Menschen (cf. S. 246 f.) drei Beispiele aus, um die Verschiedenheiten der Wärmeerzeugung je nach der verschiedenen Ernährungsweise anschaulich zu machen.

**Wärmeproduktion am ersten Hungertage** (beginnt 23 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Die Einnahmen aus dem Körper nach den Ausgaben berechnet.)

Einnahmen:

54,45 Albumin  
195,94 Fett

} vom Körper geliefert.

Ausgaben:

48,8 Harnstoff.  
0,24 Harnsäure.

Daraus berechnet sich eine tägliche Wärmeproduktion von: 2012,816 Wärmeeinheiten.

### II. Wärmeproduktion bei Fleischnahrung.

Der Ansatz von Fleisch und Abgabe von Körperfett aus den Ausscheidungen berechnet.)

Einnahmen:

1300 Gramm Fleisch, davon aber nur zersetzt 1300 Gramm  
zum Braten 70 Gramm . . . . . }  
Verbrauch an Fett vom Körper 75,44 Gramm } 445,44 Fett.

Ausgaben:

86,00 Harnstoff.  
4,95 Harnsäure.  
99,00 Koth.

Daraus berechnet sich eine tägliche Wärmeproduktion von: 2779,524 Wärmeeinheiten.

### III. Wärmeproduktion bei stickstoffloser Kost.

(Eiweissverbrauch und Fettansatz aus den Exkreten berechnet.)

Einnahmen:

54,55 Gramm Körpereiwiss  
450,00 Gramm Fett, davon angesetzt 84,5 Gramm  
68,50 wirklich verbraucht  
300,00 Stärke.  
100,00 Zucker.

Ausgaben:

47,40 Harnstoff.  
0,54 Harnsäure.  
90,00 Koth.

Daraus berechnen sich für die 24stündige Wärmeproduktion: 2059,506 Wärmeeinheiten.

Bei gemischter Kost beträgt die Wärmeentwicklung im Tage etwa: 2200,000.

Die vorstehend formulirten Untersuchungen habe ich an mir selbst bei vollkommener Gesundheit angestellt. Mein Alter betrug 24 Jahre, meine Grösse 1,79 Meter, mein Durchschnittsgewicht 70 Kilogramm.

Stellen wir die erhaltenen Werthe der Wärmeabgabe in 24 Stunden bei verschiedenen Nahrungsbedingungen und Körperruhe zusammen, so ergibt sich in runder Summe für den

Hungertag . . . . .	2102,816	Wärmeeinheiten
Tag mit N-freier Kost . . . . .	2059,506	-
Tag mit gemischter Kost . . . . .	2200,000	-
Tag mit Fleischkost . . . . .	2779,524	-

Im Mittel also etwa . . . . . 2300,000 Wärmeeinheiten.

HELMHOLTZ hat aus älteren, weniger genauen Angaben, als die hier zu Grunde gelegt für den erwachsenen Mann als mittlere tägliche Wärmemenge die etwas höhere Zahl 2700,000 Wärmeeinheiten berechnet, welche mit meinem Maximum übereinstimmt. Andere Autoren bekamen noch weit höhere, offenbar falsche Zahlen. Nach meinen Beobachtungen producirt 1 Kilogramm Mensch in 1 Stunde im Minimum (Hunger) 1,498; im Maximum (Fleischkost) 1,654; im Mittel 1,369 Wärmeeinheiten.

Für den Hund bestimmte H. SENATOR direkt, dass im Sommer 1 Kilogramm während 1 Stunde im Mittel 2,53 Wärmeeinheiten erzeugt. Während der Verdauung steigt die Wärmeabgabe (und CO<sub>2</sub>-Ausscheidung) im Verhältniss von 23,28 : 35,45. Bei Wärmeentziehung sah er bei seinen künstlich bewegungslos gehaltenen Thieren die Wärmebildung sinken (cf. unten S. 645).

Aus meinen Beobachtungen leitet sich nach dem Vorstehenden vor Allem das Ergebniss ab: Die Wärmemenge, welche der menschliche Organismus in einer bestimmten Zeit zu verbrauchen ausgaben hat, ist von der Nahrungsweise abhängig. Weitaus am grössten ist die Wärmequantität bei Fleischkost, am geringsten bei stickstoffloser Kost; bei gemischter Kost hält sie einen mittleren Werth ein. Die Wärmemenge am ersten Hungertage beweist, dass auch ohne Nahrungsaufnahme ein fett- und fleischreicher Organismus die genügende Wärmemenge zu produciren vermag. Andere Resultate werden sich natürlich bei herabgekommenen Individuen und nach längerem Hunger ergeben. Wir finden in den mitgetheilten Zahlen den Beweis für den oben aufgestellten Satz, dass der menschliche Körper bei schlechter, z. B. Kartoffelnahrung, der Kälte viel weniger Widerstand zu leisten vermag als nach fleisch- und fettreicher Kost. Dem Fett im Unterhautzellgewebe gutgenährter Individuen wird, wenn einmal die Hautarterien durch die Kälte contrahirt sind, als schlechter Wärmeleiter ein Antheil an der Verhinderung der allzu raschen Wärmeentziehung zugeschrieben.

Um uns eine Anschauung von der Bedeutung der grossen Zahlen der Wärmeproduction machen zu können, müssen wir uns daran erinnern, dass eine Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge bedeutet, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm Wasser um 1° C. zu erwärmen. 2300 Wärmeeinheiten genügen also, um 4600 Pfund Wasser von 0° auf 1° C. oder was dasselbe ist, 4600 Pfund Wasser von 0° auf 100° C. zu erwärmen. Nennt man Calorie, was vielfältig geschieht, die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 Gramm Wasser um 1° C. zu erwärmen, so producirt der Mensch im Mittel in 24 Stunden: 2,3 Millionen die tausendmal kleineren Wärmeeinheiten.

Man hat vielfältig den Wärmeverlust zu bestimmen versucht, welchen der Mensch durch die verschiedenen Abzugswegen für seine Wärme erleidet. Es ergibt sich, dass zum überwiegenden Antheil die Wärme an die Haut durch Abkühlung und Verdunstung abgegeben wird.

Nach HELMHOLTZ' Rechnung wird von der Gesamtwärme des ruhenden Menschen verbraucht:

zur Erwärmung der kälter als der	
Organismus eingeführten Nahrungsmittel weniger als . . . . .	2,6%
zur Erwärmung der Athemluft weniger als . . . . .	5,2
zur Wasserverdunstung in den Lungen weniger als . . . . .	14,7
es bleiben also für die Abkühlung und Verdunstung an der Hautoberfläche	
mehr als . . . . .	77,5

Es ist aus dem im Vorhergehenden Gesagten klar, dass diese Abkühlungswerthe durch verschiedene Aenderungen in den Verhältnissen bedeutende absolute Werthveränderungen leiden können.

Man hat sich bei der HELMHOLTZ'schen Berechnung, der Annäherungswerthe zu Grunde legen, daran zu erinnern, dass 1 Kilogramm Wasser zur Verdunstung (an der Haut und in der Lunge) 582 (grosser) Calorien bedarf. Die aufgenommenen Speisen und das Trinkwasser gehen in Summa eine niedrigere Temperatur als der Körper (etwa 42° C.) und verlassen als solche den Körper mit dessen Temperatur. Der Erwärmung gegenüber (specifische Wärme) halten sie sich nach HELMHOLTZ' Annahme (cf. unten ROSENTHAL's Bestimmungen) etwa wie Wasser. Bei der Athmung werden etwa 13000 Gramm = 10 Millionen Cubikcentimeter Luft im Mittel 12° C. eingeathmet, ausgeathmet mit 37° C., also erwärmt um 25° C. Die Wärmecapacität der Luft ist 0,26, wenn die des Wassers = 1 ist, also beträgt der Wärmeverlust durch Erwärmung der Luft bei der Athmung  $13000 \times 25 \times 0,26 = 84,5$  Calorien.

I. ROSENTHAL findet, dass sich die specifische Wärme der animalen Gewebe entsprechend ihrem Wassergehalt verschieden verhalte. Der trockenen animalen Substanz gibt er als specifische Wärme 0,8:

compacte Knochensubstanz	0,800	specifische Wärme	
spongiöse	-	0,740	-
Fettgewebe	. . . . .	0,742	-
Muskel, quergestreift	. . . . .	0,825	-
Blut, defibrinirt	. . . . .	0,927	-

Ueber den Zusammenhang zwischen Wärme und Muskelarbeit folgt das Nähere im 19. Mittel.

H. SENATOR's oben erwähnte directe Bestimmungen der Wärmeproduktion und der gleichzeitig abgegebenen CO<sub>2</sub>-Menge sind in einem im Princip DULONG'schen Calorimeter angebracht, dessen Wasserfüllung, um die Thiere nicht zu stark abzukühlen, eine Temperatur 26,5—29° C. hatte. Er fand bei einem Hunde von 5,3 Kilogramm mittlerem Gewicht folgende Stunde:

am zweiten Hungertage	. . . . .	40,9	Calorien, 3,2 CO <sub>2</sub>
am Tag nach der Fütterung	. . . . .	42,6	- 3,5 -
während der Verdauung	. . . . .	48,9 (—28,5)	- 5,0 -

Während der Verdauung war auch die Körpertemperatur um 0,5° C. erhöht, so dass die gesammte Wärmeproduktion sich noch höher als etwa 24 Calorien berechnet. Analog sind die anderen Versuchsergebnisse. Mit der gesteigerten Wärmeproduktion ist auch die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung, welche genau in gleichem Verhältniss, gesteigert.  $400 : 2,9 : 2,7 : 2,6$ .

Mit der Erhöhung der Körpertemperatur geht eine Vermehrung der Stickstoff- (Harnstoff-) Ausscheidung durch den Harn einher und zwar nicht nur, wie bereits erwähnt, bei Fieber, sondern bei sonstigem vollkommenem Wohlbefinden. SCHLEICH konnte an sich und zwei anderen Versuchspersonen die Körpertemperatur durch länger dauernde warme Bäder von 38—42,5° C. um über 2° C. steigen. Dadurch stieg die in 24 Stunden bei Stickstoffgleichgewicht ausgeschiedene Harnstoffmenge am Versuchstage und war auch noch am folgenden Tage beträchtlich (2—10 Gramm), um dann wieder zur Norm (etwas tiefer) zu sinken. (Cf. Ernährungsversuche S. 229 und Athmung S. 584.)

**Historische Bemerkungen.** — (Cf. Ernährung S. 498f.) CARTESIUS schloss sich der Meinung an, die schon ARISTOTELES, HIPPOKRATES und GALEN vertreten hatten, dass dem Herzen eine natürliche angeborene Wärme innewohne, welche sich von hier aus durch den ganzen Körper verbreitet. TH. BARTOLINUS schrieb im selben Sinne de flammula cordis 1667. Die Physiologen der späteren Zeit theilten sich in zwei Schulen: die mechanische und chemische.

Die mechanische Schule sprach als die Ursache der thierischen Wärme vor Allem die Bewegung des Blutes und die Reibung desselben an den Wandungen der Gefässe an. Für den Hauptvertreter dieser Schule sind BOERHAVE, MARTINE und VAN SWIETEN zu nennen.

Sie gründeten ihre Meinung vorzüglich darauf, dass die Wärmeabgabe des Körpers durch Bewegung gesteigert werde, und dass die letztere bei Kälte das einzige Mittel zur Erhaltung desselben sei, alles, was die Blutbewegung den Pulsschlag beschleunige, erhöhe die Wärme, sie stehe im geraden Verhältniss zur Geschwindigkeit der Blutbewegung, und umkehrten zur Weite der Gefässe. Im Winter zogen sich zur Erzeugung gesteigerter Wärme durch vermehrte Reibung die Gefässe mehr zusammen, im Sommer dehnten sie sich aus. ROBERT DOUGLAS machte 1751 auf dieses letztere Verhalten besonders aufmerksam und behauptete, die Reibung finde hauptsächlich zwischen den Blutkügelchen statt. FALLOPPIUS 1785 die Hypothese auf, dass die animale Wärme durch die Reibung der festen Bestandtheile des stets bewegten Körpers entstehen solle.

Man hatte gegen diese Annahmen geltend gemacht, dass bei Reibung von Flüssigkeiten in Röhren keine merkbare Erwärmung stattfindet. HENRI HALLER machte darauf aufmerksam auch solche Thiere der Kälte widerstehen, bei denen kein Blutkreislauf stattfindet, wie die Schnecke, leugnet die durch Temperaturunterschiede erzeugten Veränderungen im Verlaufe der Gefässe stets wärmer seien als die äussere Temperatur und HALLER meint die Stellung der Annahme dadurch zu führen, dass die kaltblütigen Thiere, Fische und Reptilien engere Gefässe hätten als die warmblütigen, und überdies sei bei dem kaltblütigen Ochsen die Zahl der Pulsschläge doppelt so gross als bei dem warmblütigen Menschen.

Zu den Vertretern der chemischen Schule gehörten von HALLER 1688, ERMANN u. v. A. Sie leiteten die animale Wärme von »Gährungen und Fäulnissen« ab, d. h. Ernährung, welche in Folge der Mischung des Blutes und der Nahrung entstehen sollten. HAMBROGER behauptete 1734, dass die thierische Wärme durch Gährung, Verbindung von schwefelartigen und laugenartigen Theilen entsteht, in analoger Weise Taubenmist und feuchten Heu. Noch am Ende des Jahrhunderts kamen MANNICH 1785 und STRADT auf diese Meinung zurück.

Dagegen hatte schon 1684 STAHL an die aristotelische Beobachtung angeknüpft, dass die Wärme durch die Respiration in den Lungen erzeugt werde, und sich wie ARISTOTELES auf die vollkommener ausgebildeten Lungen der warmblütigen Thiere beruft. Hierin vereinigte sich die chemische und physikalische Schule bis zu einem Punkte. Denn schon BOERHAAVE, HALLER u. v. A. hatten angenommen, dass durch Verbrennung des Blutes in den Lungen die Wärme entstehe, welche mit der Athmung abgeführt werde. Die chemischen Erklärungen waren dem Stande der Verbrennungslehre entsprechend noch sehr vager Natur. Man war nicht einig, ob die ausgeathmete Luft, welche BOYLE zu den phlogistischen gehörte, Phlogiston- oder Brennstoff aus dem Körper ausführe, oder ob nach SCHEELE die sogenannte reine Luft vielmehr Brennstoff in den Körper bringe. ADAM CRAWFORD stellte 1779 seine vielgerühmte Theorie der thierischen Wärme auf, trotz vieler Gegner sehr lange in Ansehen erhielt. In den Lungen verbindet sich die Luft mit dem »Phlogiston« und es wird fast der sechste Theil derselben in Wasser umgewandelt. Uebrigens in »freie Luft« verwandelt. Die spezifische Wärme der reinen Luft setzte er zu 1,75, die des Wasserdampfes dagegen nur zu 1,5, die der freien Luft nur zu 1,0. Er schloss, dass ein Leberschluss von Wärme in der Lunge entstehe, die hier dem Blut mitgetheilt und im Körper verbreitet werde. Die Beständigkeit der Blutwärme erklärte er wie LAVOISIER aus dem durch Verdunstung entstandenen Verlust, während Andere wie LAMARQUE auf eine kalte erzeugende animalische Kraft zurückführen wollten. BARNARD 1784 dagegen richtig, dass durch die Wasserverdunstung in der Lunge nicht Wärme, sondern vielmehr Kälte entstehen müsse.

Andere Forscher leiteten, im Gegensatz zu den vorstehenden Annahmen, die Wärme der Verdauung ab. GREG J. HENRI 1794. Der berühmte LAMARQUE sagte, dass sowohl die Luft als auch die Nahrung von den Pflanzen bei deren Wachsthum angezogen, verdichtet und sich in ihnen und machten einen Theil der Substanz aus. Beides werde bei der Verdauung und Assimilation ihrer Theile im thierischen Körper, dem sie zur Ernährung gedient hatten, wieder frei und in

mit. MORTIMER stellte die Hypothese auf, dass durch die stete Verbindung des in den thierischen Flüssigkeiten enthaltenen Phosphors mit der Luft die thierische Wärme entstehen sollte.

Unsere gegenwärtigen Anschauungen knüpfen an die Darstellungen LAVOISIER's (1777) an. Sauerstoff der atmosphärischen Luft erzeuge die Wärme, indem er sich mit dem Kohlenstoff in der Lunge verbindet. Er bestimmte mit LAPLACE im Calorimeter die Wärmemenge, welche ein Thier (Meerschweinchen) während der Erzeugung einer bestimmten Menge von Kohlensäure abgab, und fand, dass diese nahezu (sie war etwas grösser) übereinstimmte mit der durch Verbrennung von Kohle bis zur Bildung einer gleichen Quantität Kohlensäure hergebrachten. Wie diese Lehre ausgebaut wurde, ist an anderen Orten schon dargestellt worden (Ernährung, Athmung). Besonders wichtig waren J. DAVY's Untersuchungen. Doch langsam bürgerte sich LAVOISIER's Theorie ein. Noch 1813 ging DALTON auf die angeführte LAMFORD'sche Theorie zurück. Ganz abenteuerliche Phantasien machten sich daneben noch geltend. PEART sprach 1788 die Meinung aus, dass das »Phlogiston« der Nerven und der »Aether« des Blutes sich vereinigten, wodurch Wärme und Bewegung entstehen sollte. DE LA RIVE leitete die Wärme von der hypothetisch angenommenen Nervelectricität, CHOSSAT u. A. im Allgemeinen von der Nerventhätigkeit her. BUNTZEN (1803) hatte bei galvanischer Reizung der Muskeln Wärme entstehen sehen, er sprach darum die Thätigkeit der Muskeln als Wärmequelle an. MATTEUCCI (1834) machte auf die von POUILLET entdeckte Wärmeezeugung bei der Zersetzung lockerer Substanzen aufmerksam, die er für trockene, gepulverte thierische Substanzen bestätigte.

LE GALLOIS gab als Resultat seiner Untersuchungen an, dass die erzeugte Wärme dem verzehrten Sauerstoff proportional sei, sie wechselt mit der grösseren oder geringeren Munterkeit, dem Wohlbefinden und überhaupt der Lebensthätigkeit der Thiere, dem Rohgewichte ist sie nicht proportional. DULONG und PETIT sowie DESPRETZ (1823) haben die Untersuchungen LAMFORD's mit dem Calorimeter wiederholt und kamen im Allgemeinen zu dem Resultat, dass die aus dem Verbrennungsvorgang im Organismus zu berechnende Wärmemenge mit der beobachteten Wärmemenge ziemlich nahe deckt, die von ihnen gefundene Wärmemenge war etwas geringer als die aus der organischen Verbrennung berechnete.

Für unsere Kenntnisse über die thierische Wärme waren die thermoelectrischen Bestimmungen von BECQUEREL und BRECHET (1835) besonders wichtig.

## Temperaturbeobachtungen für ärztliche Zwecke.

**Fiebertemperatur.** — Im Anschlusse an obige Auseinandersetzung soll noch einmal darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Beobachtungen über Veränderungen des Wärmeabflusses dem Arzt die grösste Vorsicht auferlegen bei Entscheidung der Frage, ob bei einem Krankheitszustand die vermehrte oder verminderte Körpertemperatur von einer Auf- oder Abwärtsschwankung in der Stärke der Oxydationsvorgänge oder von einer Veränderung in der Wärmeabgabe abzuleiten sei. Bei regelmässiger Thätigkeit der Wärmeregulation kann, wie die Versuche lehren, der Stoffwechsel um das Doppelte und Dreifache gesteigert oder vermindert sein, ohne dass die Körpertemperatur dadurch wesentlich beeinflusst würde. Auch eine Steigerung der Bluttemperatur, nicht nur der Temperatur der Hautoberfläche durch gesteigerte Wärmezufuhr, kann allein durch verminderten Wärmeabfluss erzeugt werden. Ja es kann, wie wir oben gesehen haben, eine Steigerung der Oxydationsgrösse im Körper das secundäre Phänomen sein, abhängig von einer primär auf dem anderen Wege erhöhten Bluttemperatur.

Nach diesen Gesichtspunkten haben wir die im Fieber auch bei dem Fieberfroste beobachtete Erhöhung der Bluttemperatur zu beurtheilen, sie ist z. Thl. ein secundäres Phänomen, analog den von LIEBERMEISTER beobachteten Temperatursteigerungen durch Einwirkung geringerer Kältegrade, abhängig von der Contraction der peripherischen Arterien,



welche auch durch Blüteere in der Haut, wie sie regelmässig durch den Kälteretz gebracht wird dem Patienten das Gefühl des Frostes als eine Sinnesstauschung erzeugt. Der Erhöhung der Bluttemperatur könnten dann alle anderen Fiebererscheinungen geben beschleunigter Herzschlag, beschleunigte Athemfolge, gesteigerte Oxydation, wenn auf die krampfartige Contraction der peripherischen Gefässe als Ermüdungserscheinung eine Lähmung der Arterien eintritt, das zweite oder Hitzestadium des Fiebers charakt. So vereinigen sich die Angaben der verschiedenen experimentell arbeitenden Pathologen. Allen TRAUBE und LIEBERMEISTERS, von denen Ersterer das Fieber als eine Contraction der peripherischen Gefässe, der Andere als eine Steigerung der Oxydation.

Die krankhaft gesteigerte Oxydation kann aber auch als etwas Selbständiges betrachtet werden. Die Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Gewebe, die Ausfuhr der Zersetzungsprodukten in denselben hat einen selbständigen, verändernden Einfluss auf den Fortgang der normalen Zersetzungen. Es treten dadurch ganz analoge Veränderungen in den Stoffumsätzen ein, wie wir sie bei der Thätigkeit der Muskeln antreffen wo wir sehen sie hier wie da mit dem gleichen Erfolge verknüpft. Ermüdungsgefahr, Kraftlosigkeit charakterisiren die fieberhaften Krankheiten eben so wie die normale Ermüdung. Es sind »ermüdende Stoffe« welche sich in den Geweben anhäufen und in den Muskeln jene bekannte, scheinbare Erschöpfung, in den Nerven eine normale Erhöhung der Reizbarkeit erzeugen beide Erscheinungen sind durch die Anwesenheit der ermüdenden Substanzen, der Zersetzungsprodukte der Gewebe Milchsäure, phosphorsaures Kali etc. in letzteren und im Blute bedingt. Sowie sie entfernt oder abgeführt sind, kehrt Kraft- und Wohlgefühl zurück.

Die Bemerkung, dass allen fieberhaften Krankheiten ein Stadium der Vorermüdung vorausgeht, deren Hauptcharakteristikum als »Ermüdung« im oben gegebenen Sinne betrachtet werden muss, bei der sich die Muskelschwäche und nervöse Erregung bis zum Maximum steigern kann, macht den Gedanken wahrscheinlich, dass es sich im Gegensatz zu der Hypothese bei Fieber auch primär um eine gesteigerte Bildung von Zersetzungsprodukten der Gewebe gesteigerte Oxydation oder um mangelhafte Abfuhrung der in normaler Thätigkeit gebildeten handelt. Die fraglichen Stoffe können im Blute angehäuft als Reizmittel auf die Muskulatur der Gefässe dienen und diese zur Contraction veranlassen. Man könnte auch an eine durch diese Stoffe angeregte Veränderung in der Wirkung des Tachysensitivitäts-Wärmemoderationscentrums im Gehirne denken, wodurch primär eine Constriction der Gefässe hervorgerufen würde, welche später in eine Lähmung desselben übergeht. In der That hat die Höhlenflüssigkeiten des Gehirnes reich an Kalisalzen gefunden es ist wahr, dass die vorhandenen Analysen sich auf krankhaft veränderte Flüssigkeiten beziehen. Es entsteht so die Frage, ob nicht die Vermehrung der Kalisalze im Gehirn entsprechend ihren heftigen Wirkungen auf Nerven und Muskeln vielleicht einen Anstoß zur Veränderung der normalen Körperaktionen bei dem Entstehen fieberhafter Krankheiten geben könne.

Da wir eine Erkältung der Hautoberfläche mit Veränderungen, Steigerungen in den Stoffwechselvorgängen verknüpft sehen, so begreifen wir leichter, wie die »Erkältung« eine machende Ursache wirksam werden könne, wenn wir als letzten Krankheitsgrund die Anhäufung gewisser durch den Stoffumsatz im Körper entstehender Stoffe in übermässiger Menge im Blute und den nervösen Centralorganen annehmen. A. WALTMAN beobachtete an seinen Thieren, die er übermässig erkältet hatte, in den folgenden Tagen einen sehr hohen »fieberhaften« Stoffverbrauch, sie verloren alle bedeutend an Gewicht. Eben so stimmt mit der hier gegebenen Anschauung über das Fieber überein, dass der Körperzustand einer übermässigen Muskelaktion kaum vom Hitzestadium eines heftigen Fiebers zu unterscheiden ist das erregte Aussehen, die glänzenden Augen, die gesteigerte Temperatur der Haut, des Blutes, das Jagen des Pulses und der Athemthätigkeit, die erhöhte nervöse Erregung die bis zu Schlaflosigkeit und Zittern sich steigern kann, verbunden mit grosser Anspannung der Muskulatur, Unfähigkeit zur Muskelbewegung, die Farbe und das Aussehen der

den, in spärlicher Menge abgesonderten concentrirten Harnes. — Alles sind Zeichen des Fiebers. Die Bilder der Ermüdung momentan nach starker Muskelaktion und des fieberhaften Hitzestadiums sind in Nichts verschieden; wir können kaum daran zweifeln, dass sie durch die gleichen Ursachen hervorgerufen werden: durch Vermehrung der im Blute und in Geweben enthaltenen Zersetzungsprodukte. Nach der Nahrungsaufnahme sind letztere natürlich ebenfalls in analoger Weise gesteigert; dem entsprechend sehen wir nach jeder Mahlzeit auch eine Art fieberhaften Zustandes eintreten. Am bedeutendsten ist die zeitige Entstehung der, man gestatte den Ausdruck, »fiebererzeugenden« Stoffe nach Fleischnahrung; in meinen Versuchen sah ich den »fieberhaften« Zustand nach dem bei Aufnahme übermässig grosser Fleischmengen am stärksten. Es wurden 2000 Gramm (gewogenes) Rehfleisch gegessen. Nach dem Essen heftiger Durst, bedeutendes Hitzegefühl mit Schweiss, Kopfschmerz, Nachts trotz grosser Ermattung sehr gestörter und unruhiger Schlaf. —

Der Arzt benutzt zu seinen exakten Temperaturbestimmungen das Quecksilberthermometer. Da es von grösstem Werthe für ihn ist, absolute Werthangaben für die Temperatur zu erhalten, so muss sein Thermometer genau auf seine Richtigkeit geprüft sein. An thauenden Tagen im Frühjahr hat der schmelzende Schnee die Temperatur von  $0^{\circ}$ , es ist leicht, diesen fixen Punkt zu bestimmen. Es zeigt sich bei der Controle sehr häufig, dass bei gut gemachten Thermometern der Nullpunkt etwas zu tief oder zu hoch angegeben wird. Die Thermometer werden dadurch für absolute Angaben nicht unbrauchbar. Man zieht von gefundenen Werthen soviel ab oder setzt so viel zu, als der falschen Lage des Nullpunktes entspricht. Steht der wahre Nullpunkt des Thermometers z. B. auf  $1,5^{\circ}$  C., so hat man  $1,5^{\circ}$  von allen Zahlenangaben des Thermometers, um absolute Werthe zu erhalten, abzutragen. Die physikalischen Anstalten in fast allen Städten (in Gewerbe- und Realschulen) geben dem Arzte auch hinreichend Gelegenheit, sein Instrument ganz genau prüfen zu lassen. Die Firma der Thermometerfabrik gibt keinen genügenden Schutz, da z. B. die Verschiebung des Nullpunktes ein physikalisch nothwendiges Phänomen ist.

Das Thermometer soll den Nullpunkt angeben, keine Papierscala, sondern eine Glasporzellanscala haben und kleinere Unterabtheilungen von Graden noch direct ablesen können. Ist jeder Grad in  $0,2^{\circ}$  getheilt, so lässt sich  $0,1^{\circ}$  noch schätzen. Je kleiner, desto besser im Allgemeinen. Eine kleinere Quecksilberkugel erhöht die Raschheit, eine grössere die Sicherheit der Messung.

Die erste Bedingung der Temperaturmessung ist die, dass das angewendete Verfahren selbst die Temperatur des Theiles verändert, dessen Temperatur man messen will. Gefahr ist am grössten bei Messung der Wärme an der Körperoberfläche. Bringt man ein Thermometer auf die Haut und umgibt diese mit einem schlechten Wärmeleiter, so steigert den gehinderten Wärmeabfluss die Temperatur der Hautstelle. Es scheint nur mit galvanoelectrischen Apparaten die Hauttemperatur genau bestimmbar zu sein, da dieselben so klein machen kann, dass die durch sie gesetzte Störung des Wärmeabflusses unbedeutend wird. Es entziehen sich diese Beobachtungen dadurch der allgemeinen ärztlichen Praxis.

Wendet man sich eines Quecksilberthermometers, so ist die erste unerlässliche Bedingung, dass die Thermometerkugel wirklich die Temperatur des zu messenden Theiles annimmt. Wenn die Temperaturunterschiede zwischen Thermometer und Körper gross sind, geht die Erwärmung des ersteren rasch, sie wird aber immer langsamer, je mehr sich die Temperaturen ausgleichen. Es braucht also ziemlich lang, ehe das Thermometer wirklich die Temperatur richtig anzeigt: kaum jemals ist das unter 15 Minuten der Fall, auch nach dieser Zeit man oft noch ein geringes Ansteigen. Die Messung ist erst dann vollendet: wenn das Thermometer innerhalb 5 Minuten nicht mehr merklich gestiegen ist.

### Die Functionen der Kleider.

Dieser Abschnitt der Wärmelehre des menschlichen Organismus hat in der neueren Zeit eine seiner Wichtigkeit entsprechende Untersuchung von Seiten v. PETTENKOFER's gefunden, die wir uns hier anschliessen.

Der Werth der Kleidung für Physiologie und praktische Medicin springt sogleich in die Augen, wenn wir bedenken, dass durch die Umhüllung die Functionen der natürlichen Körperoberfläche wenigstens theilweise übernommen werden. Der Hauptzweck der Kleidung besteht darin, den Wärmeabfluss aus unserem Körper, für dessen Regulirung wir im Körper selbst gelegene, unwillkürlich thätige Einrichtungen kennen gelernt haben, willkürlich zu modificiren. Der Werth der Kleidung steigt für den Menschen mit der abnehmenden Mitteltemperatur des Klimas, in welchem er lebt. Die Natur hat den Menschen nicht wie die Thiere in eine dickere Schicht die Wärme schlecht leitender Stoffe (Federn, Haare) eingehüllt. Die Kleider haben dem Menschen diesen nur scheinbaren Mangel zu ersetzen, der befähigt, indem er die Kleidung der Temperatur anpasst, den Kampf mit den atmosphärischen Einflüssen aller Zonen zu bestehen. Die Mitteltemperaturen, in welchen der Neger und Eskimo leben, unterscheiden sich um  $43^{\circ}\text{C.}$ , ohne dass die Bluttemperatur beider verschieden wäre.

Die Kleider haben verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Die eine besteht darin, durch die Leitung die Körpertemperatur auf andere schlecht leitende Stoffe zu übertragen, welche dann die Wärmeabgabe an die Luft an ihrer Oberfläche an Stelle der Haut übernehmen. Die Stoffe müssen schlechte Wärmeleiter sein, damit sie die ihnen zutragene Wärme nicht zu rasch wieder abgeben. Es überziehen den Menschen die Kleider gleichsam mit einer zweiten Haut. Seine empfindliche, nervenreiche Hautoberfläche, welche jede Temperaturveränderung mit dem unangenehmen Gefühle des Frostes beantwortet, kühlt sich bei richtig gewählter Kleidung, wie das Thermometer ergibt, niemals unter  $30^{\circ}\text{C.}$  Bei dieser hohen Temperatur fühlen wir uns wohl, zum Beweise, dass der Mensch eigentlich für ein warmes Klima geboren ist. In seinen Kleidern trägt er das für sein Wohlbefinden erforderliche Klima bis zu den arktischen Regionen. Die Wärmeabgabe findet dem bekleideten Menschen an der äusseren Oberfläche der Kleider statt. Diese erhöht, während die innere, die den Körper direct berührt, relativ hoch temperirt bleibt. Von der kalten der Kleideroberfläche spürt die Haut Nichts, die Kleider übernehmen, könnte man sagen, das Frieren für sie. Dasselbe ist der Fall bei der Wärmeabgabe behaarter oder befiedelter Thiere, oder bei dem Menschen am behaarten Kopfe. Da hier die Haut auch mit schlechten Wärmeleitern umgeben ist, welche nervenlos sind, so findet die Abkühlung unempfundener der Oberfläche jener statt. Ist die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft sehr bedeutend, so ziehen wir noch einen zweiten oder dritten Ueberzug über die Haut: Hemd, Ueberrock, um die Wärmeabgabe noch weiter von der Hautoberfläche wegzuverlegen.

PETTENKOFER hat Untersuchung darüber angestellt, wie sich die am meisten zur Kleidung benutzten Stoffe, Leinwand und Flanell (Schafwolle) der Wasseraufnahme und Wasserverdunstung gegenüber verhalten. Es stellte sich Allem heraus, dass das gleiche Gewicht an Schafwolle in feuchter Luft fast doppelt so viel Wasser in sich aufnahm als die Leinwand, die erste ist also etwa doppelt so stark hygroskopisch als die letztere. Noch wichtiger ist es, dass die Leinwand unter den gleichen Verhältnissen sehr viel rascher ihr hygroskopisch aufgesaugtes Wasser verliert als der Flanell; Flanell trocknet auch, äusserlich mit Wasser befeuchtet, weit langsamer als die Leinwand. Ohne Zweifel haben wir in dem Verhalten der beiden Stoffe der Feuchtigkeit gegenüber den Erklärungsgrund, warum die Praxis unter Umständen Leinwand oder Wolle als Kleidung wählt. Wir wissen, dass die Verdunstung der feuchten Fläche, an der sie stattfindet, sehr rasch eine bedeutende Wärmemenge entzieht: je rascher die Verdunstung stattfindet, desto rascher und plötzlicher ist der Wärmeverlust, desto eingreifender werden also auch seine etwa

ysiologischen Wirkungen sein. Schweiss an sich wird nicht zur Krankheitsursache, wenn die Verdunstung nicht zu rasch erfolgt, dagegen sehen wir, wenn einem Schwitzenden, z. B. bei Zug und Wind, durch die rapide Verdunstung sehr rasch Wärme entzogen wird, dass Schweiss als Krankheits-, Erkältungsursache auftreten. Die Kleider saugen die wässerigen Ausscheidungen in sich, die Verdunstung findet zumeist an der Kleideroberfläche statt. Ist die Verdunstung sehr rasch vor sich, so wird sie sich auch der Haut als Erkältung fühlen lassen. So schützt die Wolle auf dem blossen Leibe getragen vor Erkältung, sie trocknet, da sie sehr hygroskopisch ist, die Hautoberfläche, verlegt dadurch die Verdunstung möglichst weit von dieser weg und vertheilt den durch die Wasserverdunstung erfolgenden Wärmeverlust auf eine grössere Zeit, so dass er in jedem einzelnen Zeitabschnitt einen bestimmten kleinen Werth nicht überschreitet, wodurch der Haut der Wärmeverlust möglichst unmerklich gemacht wird. Dagegen wissen wir, dass die leinenen Kleider, so wie sie z. B. nach dem Schwitzen feucht sind, das Gefühl der Kälte hervorbringen, während die wollenen bei gleicher Feuchtigkeit wärmer zu werden scheinen. Der Grund, warum Leinwand erkältet, liegt in der rascheren Wasserabgabe. Da sie weniger hygroskopisch ist als Wolle, so bleibt nach stärkerem Schwitzen die Haut unter ihr nass, sodass an der Hautoberfläche Verdunstung und Wärmeverlust stattfindet. Wo es uns also darauf ankommt, unsere Wärme möglichst zu erhalten, z. B. im Sommer, da werden sich leinene Stoffe als Kleidung empfehlen. Der Mann, welcher leicht in Schweiss geräth, wird aber wohlthun, sich gerade in heissen Zeiten in Klimaten mit Flanell zu umhüllen (wollene Unterkleider), um sich bei Temperaturwechseln, Wind oder Zug nicht der Erkältung auszusetzen.

Eine weitere Aufgabe der Kleidung besteht darin, die Luftbewegung an unserer Hautoberfläche zu mässigen, so dass sie keine Empfindung in unseren Hautnerven hervorbringt. Hier stimmt die Aufgabe der Kleider und Wohnräume überein. In dieser Beziehung ist das Zelt nichts Anderes als ein grosser Mantel, in den wir uns ganz verkriechen können, der Mantel ist ein Haus, das wir, wie die Schnecke das ihrige, auf unseren Schultern mit uns umhertragen. Bei der Frage nach der Lüfterneuerung in unseren Wohnungen haben wir schon davon gesprochen, dass wir den Körper eines im Freien befindlichen Menschen uns zu jedem anderen feuchten Körper der Luft gegenüber zu denken haben. Je rascher die Luft über feuchten Stoffen vorbeizieht, desto rascher geht die Verdunstung vor sich, um so rascher wird einem warmen Körper seine Temperatur entzogen. Ein heisses Eisen in Wasser gesteckt kühlt rascher ab, wenn das Wasser, das ihm Wärme entzieht, bewegt wird, als wenn es still bleibt. Den Hausfrauen ist die Thatsache geläufig, dass die Wäsche im Winde rascher trocknet als bei ruhiger Luft und sonst gleichen äusseren Verhältnissen. Der Grund für die raschere Abkühlung durch ein bewegtes kühlendes Medium liegt darin, dass die Wärmeabgabe so rascher erfolgt, je grösser die Temperaturdifferenz ist zwischen den beiden, ihre Temperatur ausgleichenden Körpern. Die an der Oberfläche des warmen Körpers hinstreichende Luft erwärmt sich. Würde sie hier stagniren, so würde im nächsten Moment die Wärmeabgabe vom Körper an sie geringer werden müssen, endlich ganz aufhören, wenn die Luft die Temperatur des Körpers definitiv angenommen hätte. Wird die Luft rasch bewegt, so kommen immer neue kalte Lufttheilchen mit der Wärmequelle in Berührung, die Wärmeabgabe erfolgt sonach sehr rasch. Ein an sich auch warmer Wind oder Luftzug kann uns also kühlen; diese Gefahr wird geringer, wenn die Luftbewegung an unserem Körper geringer wird. Die Luftbewegung entzieht unserem Körper aber nicht allein direct Wärme, weil der Wind wärmer ist als erstere; sie erkältet ihn auch, wie wir wissen, durch Wasserverdunstung. Auch dieser Vorgang steigt mit der steigenden Luftgeschwindigkeit, da die an dem feuchten Körper hinstreichenden Lufttheilchen, die sich an ihm mit Wasserdampf beladen haben, sogleich wieder durch neue ersetzt werden, deren Wasseraufnahmefähigkeit noch nicht geschwächt ist. Auch die Wasserverdunstung geht natürlich um so rascher, je grösser die Differenz zwischen dem Wassergehalt des feuchten Stoffes und dem der Luft ist, bei ganz trockener Luft ist sie am stärksten.

Wir dürfen dieses Moment in der Wirksamkeit unserer Kleider nicht überschätzen. Es



kommt durchaus nicht darauf an, eine ruhende Luftschicht um unsere Haut zu erzeugen, es handelt sich, wie oben gesagt, nur darum, die Luftbewegung mässigen, dass unsere Haut keine Empfindung mehr von ihr hat — was schon bei einer Geschwindigkeit von  $1\frac{1}{2}$ —2 Fuss in der Secunde erreicht ist — wobei wir im Freien die Kälte annehmen, und andererseits der Luft bei ihrem Vorbeiziehen an dem Körper die Wärme lassen, sich gehörig zu erwärmen — so dass auch von Kälte kein Gefühl entsteht. Mit Instrumenten (Anemometern) kann man in den Kleidern einen aufsteigenden Luftstrom nachweisen, der mit Abnahme der äusseren Temperatur an Stärke zunimmt. Die sichtbare Bewegung erreicht, wie schon gesagt, die Luft innerhalb der Kleider eine Temperatur von  $24$ — $30^{\circ}$  C.

Die Undurchdringlichkeit der Kleider für Luft — welche eine möglichste Beschleunigung des Luftstromes in den Kleidern erzeugen würde, ist so wenig Erforderniss für das Warmhalten, dass wir bei einigen Stoffen sogar deutlich sehen können, dass sie dann, wenn sie luftdicht gemacht sind, z. B. Leder, feuchte Leinwand — nicht mehr zum Warmhalten tauglich sind. Petruscora's Versuche ergeben, dass ein Kleid luftig und doch warm sein kann, dass es hiefür mehr auf die Wärmeleitungsfähigkeit und die Unterschiede in der Verdunstung des Stoffes als auf das Mehr oder Weniger Luft, welches es durchlässt, ankommt. Nach directen Bestimmungen ordnen sich die Stoffe nach ihrer Luftdurchgängigkeit in folgende Reihe, wenn wir die Luftmenge, welche gleichgrosse Stücke Zeug, in gleicher Zeit und gleichem Druck durch sich hindurchtreten lassen, als Massstab dafür annehmen.

Flanell	40,41 Liter
Buckskin	6,07 —
Leinwand	6,03 —
Sämisches Handschuhleder	5,37 —
Seidenzeug	4,14 —
Weissgarnes Handschuhleder	0,43 —

Trotz des Unterschiedes im Warmhalten lassen Leinwand und Buckskin gleich in derselben Zeit durchtreten. Die sämischen, waschledernen Handschuhe halten länger warm, während man in den kaum für Luft durchgängigen weissgarnen glanzledernen Handschuhen friert. Nimmt man eine doppelte Lage Zeug, so sinkt dadurch das Durchlassungsvermögen für Luft nur unbedeutend. Watte, die sehr warm hält, verlangsamt den Luftstrom kaum merklich. Dagegen wird die Durchgängigkeit für Luft durch Befeuung unterbrochen, wir wissen, welches lastiges Gefühl daraus entsteht. Offenbar bei letzterem um eine Behinderung der normalen Ausdunstung zu thun, der Körper sich in einem analogen Zustande wie bei lackirten Thieren. Durch Einathmen in die Hände können dieselben Störungen in den Lebensfunctionen eintreten als durch Unterdrückung der Hautfunctionen durch Leberstreichen mit einem undurchgängigen Firnis. Daher die Belästigung, die wir bei sogenannten Mackintosh-Röcken aus Kautschuk empfinden.

Dem Schlusse seiner Untersuchung, der wir im Vorstehenden gefolgt sind, fügt Petruscora noch eine lehrreiche Betrachtung über die Wirkung nasser Füsse an — die ihn auf diese zur grössten Vorsicht ermahnen muss. Wenn wir uns im Freien nass geworden haben, so beginnt, sowie wir in ein warmes Zimmer mit trockener Luft kommen, eine bedeutende Verdunstung. Wenn man an der Fussbekleidung nur 47 Gramm Wasser nass hat, so erfordert das Wasser darin so viel Wärme zu seiner Verdunstung, damit 250 Gramm Wasser von  $0^{\circ}$  zum Sieden erhitzen oder mehr als  $\frac{1}{4}$  Kilogramm Eis schmelzen könnte. So gleichgültig manche Menschen gegen durchnässte Füsse sind, würden sie sich sträuben, wenn man ihre Füsse zum Erhitzen einer der Verdunstung äquivalenten Menge Wasser oder zum Schmelzen einer äquivalenten Menge Eis wolle — und doch thun sie im Grunde ganz das Gleiche, wenn sie ein Wechselbad der Elemente in ihrer Bekleidung verschmähnen.

Die Sommerkleider eines Mannes wiegen etwa nach jetziger Mode 25—30



**Dame 8—8 $\frac{1}{4}$  Kilogramm.** Die Winterkleider beider Geschlechter bei etwa 00 Temperatur wiegen 6—7 Kilogramm.

Ähere Aufzählung der durch zu enge und unzweckmässig geformte Kleider: Schnürbänder, Fussbekleidung etc. etc. gesetzten Störungen würde zu weit führen. Der r Kleiderfarben auf die Wärme derselben, vielfältig an Wichtigkeit überschätzt, in bekannt. Die Wirkung des Bettes, eines der nöthigsten Kleidungsstücke des wie Kranken, ist noch nicht wissenschaftlich untersucht.

**Wärmeleitungsvermögen organischer Stoffe und Gewebe** ist verhältnissing, alle die zu Kleidungsstücken verwendeten Stoffe sind sehr schlechte Wärme-onders legt die bei ihnen statthabende grössere oder geringere faserige Zertheilung emittheilung Hindernisse in den Weg. Da die Wärme eine Art von Bewegung ist, re Ueberleitung durch jede Unterbrechung des molekularen Zusammenhanges ge-

Wärme muss dabei von dem festen Körper auf Luft, von da wieder auf den festen ergehen, wobei die Mittheilung immer unvollkommen bleibt. Die Kleider, die Felle und vor Allem die Flaumkleider der Vögel sind also nicht nur durch das Leitungsvermögen ihrer festen Substanzen, sondern dadurch, dass sich zwischen h Luft einschiebt, so schlechte Wärmeleiter. Rumford hat Bestimmungen über die ung verschiedener Substanzen angestellt, die meist zur menschlichen Kleidung ie folgende Tabelle gibt ihren Wärmeleitungswiderstand auf eine willkürliche Ein-en an. Der Wärmeleitungswiderstand ist dem Wärmeleitungsvermögen umgekehrt al, er ist für: Gedrehte Seide 947, Holzasche 927, Kohle 937, feinen Flachs 1032, 1046, Lampenruss 1117, Schafwolle 1118, Taffet 1169, rohe Seide 1264, Biberfell erdunen 1305, Hasenhaar 1312. Alle die aufgeführten Substanzen leiten also die r schlecht, gedrehte Seide am besten, Hasenhaar am schlechtesten (TYNDALL).

**Heizung.** — Wenn im Winter bei dem Aufenthalte in den Wohnräumen die Klei-te nicht mehr ausreichen, das behagliche Gefühl von Wärme hervorzubringen, r dieses durch Heizung zu erreichen. Auch sie hat physiologische Bedeutung. Wir inem Zimmer nicht nur, weil die Luft in ihm kalt ist, welche unseren Körper direct ndern auch darum, weil wir durch die schlecht leitende Luft durch Wärmestrahlung e im Zimmer befindliche Gegenstände Wärme verlieren. Es kann in einem rasch Zimmer die Luft einen hohen, sogar unangenehm hohen Wärmegrad besitzen, wir er, wenn die Wände, Meubels etc. noch nicht durchwärmt sind, sie entziehen uns e wir gegen sie ausstrahlen. Von einer richtigen Heizung verlangen wir also eine ung des gesammten Wohnraumes und seines Inhaltes. Die Temperatur eines ge-nmers sollte nicht über 14—15°C. steigen. Die Luft darf durch die Heizung nicht werden, da sie uns sonst durch Wasserverdunstung zu viel Wärme entzieht. Mit r fortgesetzten Heizen trocknen die Wohnungen: Wände, Fussboden, Meubles etc. mehr aus, die Luft in den geheizten Zimmern ist gegen Ende des Winters trockener ang, sie entzieht uns dann entsprechend mehr Feuchtigkeit, wir bedürfen deswegen ren Temperatur, um uns wohl zu befinden, was also nicht etwa von einer eintre-wöhnung an höhere Lufttemperaturen während des Winters herrührt.

**Brennmaterial.** — Der den Steinkohlen häufig in grösserer Menge beigemengte Schwe-zt den Werth der Kohlen herab. Die entstehenden Verbrennungsprodukte des (schwefelige Säure vor Allem) greift nicht nur die eisernen Heizapparate (Rost, el etc.) an, sie belästigt auch in hohem Grade die Athemorgane bei dem Aufenthalt mit schlechten Kohlen geheizten Raum. Der unangenehme Geruch bei der Torf-rührt von den bei dem Erhitzen entstehenden ammoniakalischen Dämpfen her, die ankenden Stickstoffgehalt des Torfes entstammen. Es werden bei der Verbrennung e die Elemente der Brennmaterialien mit dem Sauerstoff zusammentreten, durch e Einwirkung der Hitze die Brennmaterialien chemisch zersetzt; ein nicht unbe-rTheil ihrer Elemente verbindet sich zu den flüchtigen Produkten der sogenannten Destillation. Erst wenn sich diese flüchtigen Stoffe entwickelt haben, fallen sie der

Verbrennung anheim. Der Process der Verbrennung hat also als erstes Stadium eine Vorbereitung aus dem Holz (resp. den Kohlen), welche ganz der Leuchtgasbereitung entspricht: dieses brennbare Gas fällt der Verbrennung anheim, wir sehen daher die Flamme brennende Holz wenigstens zu Anfang nur umschweben. Die Gase bestehen vor Allem aus Grubengas  $C_2H_4$  und ölbildendem Gas  $C_4H_4$ , denselben Stoffen, die wir in dem Leuchtgas finden. Dabei verdampft das Wasser. Nachdem diese Destillation vorüber ist, in welcher sich alles Wasser und der Wasserstoff zumeist an Kohlenstoff gebunden entwickelte, die fast reine, nur noch aschehaltige Kohle zurück, welche nun mit Sauerstoff sich zu dem flüchtigen Kohlenoxydgas verbindet, das die Kohlengluth mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure verbrennend umspielt. Ist der Sauerstoffzutritt (nach geschlossener Ofen durch allzugrosse Ueberfüllung des Ofens mit Brennmaterial etc.) zur glühenden Kohle hemmt, so entweicht ein grösserer Theil des gebildeten Kohlenoxydes unverbrannt und so Anlass zu der bekannten Vergiftung mit Kohlendunst oder Kohlendampf werden. — offene Feuer als Ventilator cf. S. 555.

**Beleuchtung.** — Eine Gasflamme, welche in einer Stunde  $4\frac{1}{2}$  Cubikfuss Gas verbraucht (KNUDSEN) in derselben Zeit einer Zufuhr von 9 Cubikfuss Sauerstoff, also einer von 45 Cubikfuss atmosphärischer Luft. Die Leuchtkraft dieser Gasflamme ist gleich der 24 Talgkerzen (6 Stück aufs Pfund); der Luftkonsum dieser 24 Talgkerzen ist doppelt so gross als der der Gasflamme.

---

## **II. Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.**

### **Achtzehntes Capitel.**

#### **Das Skelet und seine Bewegungen.**

##### **Stimme und Sprache.**

---

##### **Die Maschine des menschlichen Körpers.**

Wir gingen bei unseren Betrachtungen von dem Gedanken aus, dass der menschliche Organismus eine Bewegungs- und Kraftmaschine sei, die sich in Bezug auf ihre mechanischen Leistungen, z. B. Fortbewegen und Heben von Lasten, mit den Bewegungs- und Kraftmaschinen unserer Mechanik, vor Allem mit den Dampfmaschinen vergleichen lässt. Ebenso ist es mit den thierischen Organismen. Die Kraftmaschinen der Mechanik sind erfunden zum Ersatz für thierische Arbeitsleistungen; die Bezeichnung: »Pferdekraft« für die Leistungseinheit der Maschine zeigt dies noch jetzt zur Genüge.

Die Arbeitsleistungsfähigkeit der verschiedenen thierischen Maschinen ist sehr ungleich. Unter den zur Arbeit verwendeten thierischen Organismen steht das Pferd die höchste Arbeitskraft. Unter einer Pferdekraft versteht die Mechanik das Kraftquantum, welches aufgewendet werden muss, um 750 Kilogramm 1 Decimeter hoch in 1 Secunde zu heben. Nimmt man eine ohne Abtheil für des arbeitenden Individuums Gesundheit zu ertragende Thätigkeit, die grösstmöglichen Leistungen unter den vortheilhaftesten Bedingungen, in eine Arbeitszeit von acht Stunden, so ergeben sich für die am häufigsten zur Stelle von Maschinen zur Arbeit verwendeten animalen Organismen: den Menschen, das Pferd, den Ochsen, Maulesel und Esel, verschiedene Arbeitsleistungen, welche F. REDTENBACHER in die folgende Tabelle zusammenstellt. Als Einheit der Arbeitsgrösse ist dabei das Kilogrammometer angenommen: diejenige Leistung, welche 1 Kilogramm in 1 Secunde 1 m hoch zu heben vermag (S. 103). In der Tabelle sind die verschiedenen Bedingungen, unter denen die Arbeitsleistung gewöhnlich erfolgt, neben einander berücksichtigt. In sehr vielen Fällen nämlich sehen wir die thierische und menschliche Arbeitskraft zur Bewegung von Arbeitsmaschinen: Kurbel, Göpel, Tretrad, verwendet, so dass

demnach noch eine Uebertragung der rohen, animalen Arbeitskraft auf die Maschine stattfindet, welche jene erst dem bestimmten, angestrebten Zweck dienstbar macht. Die Tabelle lehrt uns, dass den oberflächlichen Anschauungen entgegen, durch die Uebertragung der animalen Arbeitskraft mittels Maschinen, die Grösse der Leistungen herabgesetzt wird. Eine nähere Betrachtung lässt dies als natürlich erscheinen, da die Arbeitsmaschinen zu ihrem eigenen Ingangsetzen eine bestimmte, durchaus nicht verschwindende Menge bedürfen, die selbstverständlich in der Gesamtsumme der Arbeitsleistung verschwinden wird. Nur bei dem Tretrado mit 24° Ansteigung sind die Bedingungen der Uebertragung für den Menschen so günstig, dass eine etwas höhere Leistung durch dasselbe als ohne Maschine resultirt. Mensch arbeitet hier mit seinem Gesamtkörper, was sonst niemals statt

Tabelle der animalen Arbeitsleistung.

Kilogrammometer in 8 Arbeits-Stunden

1. Mensch, im Mittel 70 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	316800
-	am Hebel	158400
-	an der Kurbel	126320
-	am Göpel	207360
-	am Tretrad	241920
-	24° Ansteigen	
	am Tretrad	345600
2. Pferd, im Mittel 380 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	2102400
-	am Göpel	1152000
3. Ochs, im Mittel 280 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	1392400
-	am Göpel	1123200
4. Maulesel, im Mittel 280 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	1497600
-	am Göpel	777600
5. Esel, im Mittel 168 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	864000
-	am Göpel	316800

In der Weise, in welcher in der vorstehenden Tabelle die Arbeitsleistung

Der Mechanismus der Bewegung und Arbeitsleistung des menschlichen und des thierischen Körpers ist von den Maschinen unserer Mechanik, die zum Ersatz der Thiere zur Ortsbewegung von Lasten gebaut werden, wie z. B. die Lokomotiven, in Beziehung auf Vollkommenheit der Einrichtungen noch nicht erreicht. Es liesse sich wohl denken, dass einst die Mechanik in Anwen- der am animalen Organismus erkannten Mechanismen der Ortsbewegung nimmere Lokomotiven zu bauen im Stande sein würde. Es wäre dies nicht der erste Fall, in welchem die Mechanik an den mechanischen Ein- richtungen der Organismen lernte. Es ist bekannt, dass in EULER die Betrachtung des menschlichen Auges, dessen lichtbrechender Apparat aus verschiedenen Substanzen zusammengesetzt ist, den Gedanken erweckte, es müsse möglich sein, achromatische, das Licht nicht zerstreuernde Fernröhre zusammen- zu bauen. DOLLOND löste dieses Problem.

Die Maschine des menschlichen Organismus zerfällt nach unserer obigen Beschreibung wie alle Kraftmaschinen in zwei getrennte Haupttheile: in ein passiv bewegter Maschinentheile, welche die Richtung der Bewegung, die Art und Weise der Uebertragung des rohen Kraftvorrathes bestimmen und in die aktiv bewegenden Theile, in denen die Kraft der Bewegung lebendig wird, welche die durch sie bewegten Hebelvorrichtungen zur Arbeit nach aussen verwenden.

Das Material, welches die Natur zur Herstellung der passiv bewegten Maschinentheile verwendet, zeigt jene hohe Vollkommenheit, die eben erwähnt wurde. Die Mechanik verwendet zu dem gleichen Zwecke Eisen, Metall, Stein und Holz. Die Natur bedient sich eines Materiales, das die Vorzüge der genannten in sich vereinigt: der Knochensubstanz. Sie besitzt durch ihre erdigen Bestandtheile die Festigkeit des Steines, durch die Mischung von organischem Stoffe ertheilt ihr die Elasticität der Metalle.

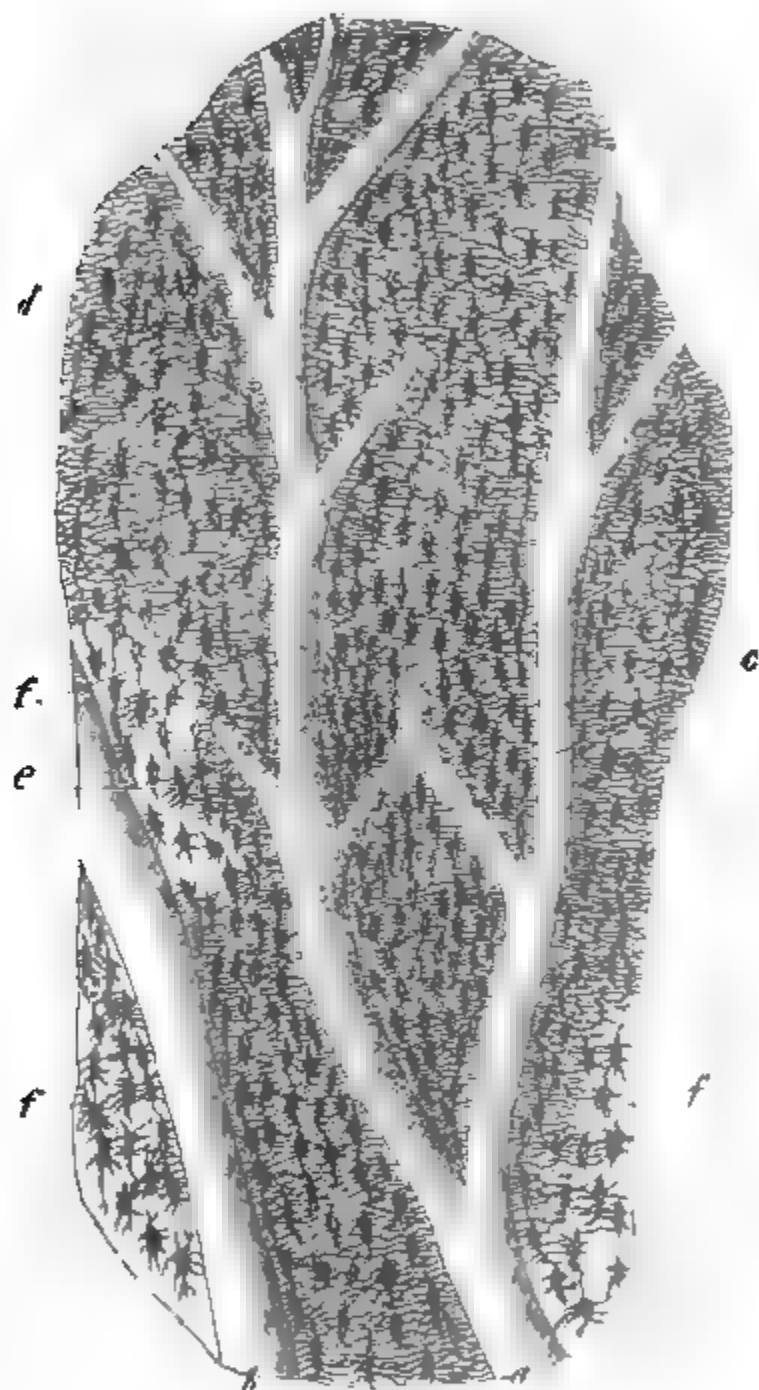
### Mikroskopischer Bau der Skeletbestandtheile.

Das Knochengewebe entsteht im Leibe des Embryo nicht primär, es ist ein Umwandlungsprodukt, welches sich aus den verschiedenen Modifikationen des Bindegewebes bildet. Die rundlichen rings geschlossenen Zellen des Knorpels, die zackigen Bindegewebszellen verändern sich dabei zu den Henkörperchen, welche in Lückenräumen in netzförmiger Verbindung stehen (27—32; 660, Entwicklung der Knochen) die homogene Grundmasse, die die Zellenmasse der Knochensubstanz, in welche die erdigen Knochenbestandtheile eingelagert sind, durchziehen. Die Anatomen unterscheiden nach der Dichtigkeit des Knochengefüges: compacte und schwammige Knochen- substanz. Bei der ersteren ist das Gewebe eine fest zusammenhängende Masse; bei der zweiten umschliessen Balken und Platten aus Knochensubstanz zahlreiche einander communicirende Hohlräume. Die Mittelstücke der langen Röhrenknochen zeigen sich aus compacter Substanz bestehend, die Gelenkenden (Epiphysen) dagegen aus spongiöser Substanz; ebenso auch die kurzen unregelmäßigen Knochen, welche nur äusserlich von einer Schale aus compacter Substanz (Glastafel) umgeben sind. Das feine Canalsystem im Knochen, in



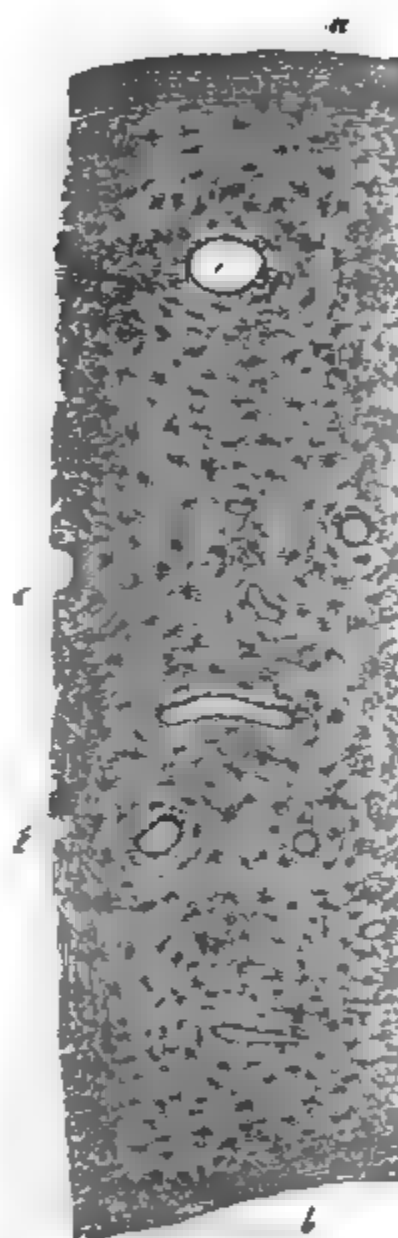
welches die Knochenzellen eingebettet sind, und welches in offener Communication steht mit den den ganzen Knochen durchziehenden, viel verzweigt mit einander verbundenen weiteren Canälchen, HAVES'schen Canälchen. Die Aufnahme der Blutgefäße des Knochens bestimmt, geben den feinen durchschnitten und Schliffen ihr specifisches Aussehen. Die Gestalt und Verlauf der HAVES'schen Canälchen kann man am besten auf Längsschnitten beobachten.

Fig. 154.



Senkrechter Schnitt durch eine menschliche Phalange. Bei *a* und *b* zwei Markcanäle mit den Aesten *c* und *d*; bei *e* die Ausmündung der Havers'schen Canälchen in Form von Pünktchen; bei *f* die Knochenzellen.

Fig. 155.



Segment eines Querschliffes von menschlichem Metacarpus mit concentrirtem Oel behandelt, 90 mal vergr. Oberfläche des Knochens mit Grundlamellen. *b* Innere Oberfläche der Markhöhle mit den inneren Havers'schen Canälchen im Querschnitt. *d* Lamellen. *e* Knochenhöhlen und Lamellen.

der Knochensubstanz beobachten. Sie durchsetzen den ganzen Körper der Oberfläche desselben unter dem Periost an, wo sie offen münden in die inneren Markhöhle. Sie sind weiter oder enger, und ihre Verzweigungen entsprechen den Blutgefäßtheilungen, wie wir sie auch sonst in anderen Knochen antreffen (Fig. 154). Auf dem Querschnitt des Knochens erscheinen

ovale oder runde Löcher, zum Beweise, dass die Verlaufsrichtung der Gefässe im Knochen vor Allem der Längsaxe derselben folgt. In den kurzen und spongiösen Knochen ist der Verlauf der Havers'schen Canälchen nicht so regelmässig, doch halten sie auch hier vorwiegend eine gemeinschaftliche Richtung in ihrem Verlaufe ein.

Das Knochengewebe zwischen den Havers'schen Gängen besitzt, wie sich hauptsächlich auf Querschliffen zeigt, einen deutlich geschichteten Bau (Fig. 455). In Theil dieser Schichten umkreist regelmässig die Havers'schen Canälchen, in anderes Lamellensystem beginnt von den grossen Markhöhlen und durchsetzt concentrischen Schichten die ganze Knochendicke, vielfältig von den Lamellenschichten der Havers'schen Canälchen unterbrochen, um unter dem Periost eine ganz regelmässiger Schichtung (Beinhautlamelle) zu erscheinen. Diese Schichtungen werden nur bei den compacten Knochen deutlich und regelmässig sein können. Die Knochensubstanz selbst ist ziemlich undurchsichtig, aber doppelt-lichtbrechend (VALENTIN). Von der Beinhaut aus treten senkrecht auf die Knochenlamellen meist noch unverkalkte Fasern in die Knochensubstanz ein: SHARPEY'sche Fasern.

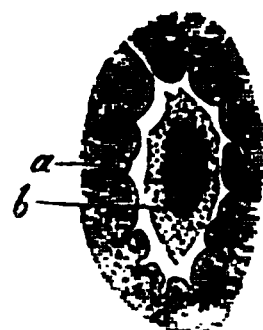
Die Knochenzellen, welche in sehr grosser Anzahl in der Knochensubstanz sich vorfinden, liegen eingebettet in jenes schon erwähnte feine, vielverzweigte Canalnetz, dessen feine Gänge den Namen Kalkcanälchen führen. An den Stellen, wo die Knochenzellen eingebettet liegen, sind in dem feinen Kalkcanälchennetz linsenförmig gestaltete Knotenpunkte: die Knochenhöhlen (0,048—0,055 mm lang und 0,007—0,013 mm breit). Ihre Längsaxe läuft der Aussenfläche der Lamellen parallel. Die Ausläufer der Knochenhöhlen haben nur einen Durchmesser von 0,0013—0,0018 mm. An getrockneten Knochen kann man den Zusammenhang der Knochenhöhlen unter sich und mit den Havers'schen Canälchen am leichtesten überblicken. In den Knochenhöhlen, deren Wandschicht etwas compacter zu sein scheint als die übrige Knochensubstanz, liegt die eigentliche Knochenzelle. FAY beschreibet sie von der Gestalt der Knochenzelle, unbestimmt länglich, bisweilen mit kurzen, gegen die Mündung der Kalkcanälchen gerichteten Fortsätzen, ohne eigentliche Zellenmembran mit einem länglichen Kerne (Fig. 456).

Ausserlich ist der Knochen von einer bindegewebigen Haut, dem Periost, der Beinhaut, eingehüllt, welche sehr gefässreich und mit den Knochen vor Allem durch die gemeinschaftlichen Blutgefässe, Nerven und sehnige Streifen (SHARPEY'schen Fasern) verbunden ist. Zwischen der Beinhaut und dem Knochen findet sich (OLLIER) eine Schicht, welche dicht lebende, rundliche Zellen enthält, von welcher das Knochenwachsthum sowie Knochenneubildung ausgeht: (Blastème sous-périostale).

Die weiteren Höhlungen zwischen der festen Knochensubstanz sind, abgesehen von den Blutgefässen und Nerven, von dem Knochenmark ausgefüllt (cf. S. 423).

Die Bänder, welche die Knochen unter einander verbinden, sind entweder weiss und glänzend und bestehen dann vor Allem aus lockigem Bindegewebe mit elastischen Fasern durchsetzt, oder sie haben ein strohgelbes Aussehen und

Fig. 456.



Knochenzelle aus dem frischen Sieb- bein der Maus mit Carmin tingirt.

sind dann vor Allem aus elastischem Gewebe gebildet (Ligamenta flava, z. B. das L. nuchae); letztere zeigen nur eine geringe Beimischung von Bindegewebe. Kommt die Verbindung der Knochen durch Knorpel zu Stande, so dient dazu entweder echter, hyaliner Knorpel (Rippenknorpel, Gelenkknorpel) oder Faserknorpel (Synchondrosen, Ligamenta intervertebralia). Bei fast allen Gelenken sind die Knochenenden mit Hyalinknorpel überzogen, nur das Kiefergelenk zeigt einen faserknorpeligen Ueberzug. Der Knorpel ist gefässlos. Die Synovialkapseln, welche die Gelenkenden mit einander verbinden, bestehen aus Bindegewebe, das zahlreiche Gefässe und Nerven besitzt, die innere Oberfläche ist mit einem Plattenepithel ausgekleidet, welches bei Erwachsenen an dem Rande der Gelenkknorpel aufhört. In die Gelenkhöhlen ragen als Fortsätze Falten und Wucherungen der Synovialkapsel, durchzogen mit zahlreichen Blutgefässchen. Dergleichen Anhänge können durch Vergrösserung und Abreissen von ihrem Stiele Anlass zur Bildung der freien, bindegewebigen Körper in den Gelenken, der sogenannten Gelenkmäuse, werden. Die Gelenkhöhle ist mit einer hellen, dicklichen, blassgelben Flüssigkeit, Synovia, Gelenkschmiere (S. 667), erfüllt, die normal keine Formbestandtheile erkennen lässt.

Die Entwicklung des Knochens findet wie oben gesagt im Fötalzustande theils aus Bindegewebe, theils aus Knorpel statt. Die Wirbelsäule, Rippen, Brustbein, Schlüsselbein, Extremitätenknochen, die Knochen der Schädelbasis sind knorpelig vorgebildet, die Schuppe des Hinterhauptbeins, die Scheitelbeine, das Stirnbein, die Schuppen der Schläfenbeine, die Schallknochen der Schädelnähte, die Gesichtsknochen entstehen aus einer bindegewebigen Grundlage, durch die sogenannte »intermembranöse Knochenbildung«. Die Ossification erfolgt, indem sich zuerst in die Intercellularsubstanz die den Knochen charakterisirenden Kalksalze ablagern. Die Stelle, an welcher die Umbildung zuerst eintritt, bezeichnet man als Ossificationscentrum, Verknöcherungspunkt. Das Knochengewebe geht in allen Fällen aus einer wesentlich gleichen Neubildung osteogener Substanz hervor. In den Ossificationspunkten des Knorpels entstehen zunächst Erweichungen, Markbildung, mit einer weichen Zellmasse angefüllte Canäle, in welche Blutgefässe hineintreten. Das Knochengewebe entsteht nur dort, wo zuerst sich Mark gebildet hatte, und zwar an der Grenze des letzteren und des nicht aufgelösten, verkalkten Knorpels. Die Knochenzellenbildung geht von einer »epithelartig« die Markräume umlagernden Zellschicht: Osteoplasten (GEGENBAUR) aus, welche nach der einen Annahme (GEGENBAUR) ein erhärtendes Sekret aus sich ausscheiden, welches zur Grundsubstanz wird, die Zellen selbst zeigen schon von vornherein feine Ausläufer und wandeln sich in die Knochenzellen um. Nach WALDEYER werden dagegen die Osteoplasten selbst schichtweise, während sich vom Mark aus neue bilden, in die Grundsubstanz des Knochens umgewandelt. Bei einzelnen soll diese Umwandlung und Verschmelzung nur die Aussenschicht treffen, der innere Theil mit dem Kern bleibt als eine in eine strahlige Höhle eingeschlossene Knochenzelle zurück. Die grösseren Markräume entstehen durch Auflösung (Resorption) schon fertiger Knochensubstanz. Aus der ursprünglichen Knorpelanlage geht die Substantia spongiosa hervor. Die Entwicklung der compacten Knochensubstanz erfolgt durch Verknöcherung von Bindegewebe; bei dem Wachsthum der Knochen verknöchert die innerste Periostlage im Wesentlichen nach dem angegebenen Typus. Die Verlängerung der Röhrenknochen scheint vor Allem auf Wucherung des Knorpels der Epiphysen zu beruhen, der neugebildete Knorpel verknöchert in der Folge.

## Chemische und physikalische Lebenseigenschaften der Skeletbestandtheile.

Die **Knochensubstanz** besteht aus einem elastischen, etwa 12% Wasser enthaltenden Grundgewebe, chemisch aus leimgebender Substanz bestehend; in dieses sind Kalksalze — überwiegend viel neutraler phosphorsaurer Kalk  $\text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{O}_8$ ; nach AEBY's von F. WIBEL bekämpften Angaben  $\text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{O}_8 + \frac{1}{3} \text{CaO}$  oder  $(6 \text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{O}_8 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CaO} + \text{CO}_2) + 3 \text{H}_2\text{O}$ ] mit wenig kohlensaurem Kalk und phosphorsaurer Magnesia — inkrustirt, welche dem Gewebe einen hohen Grad von Steifigkeit und Festigkeit verleihen. Es ist klar, dass die physikalischen Eigenschaften, die Festigkeit und Federkraft, der Knochenmasse wechseln muss mit ihrer chemischen Zusammensetzung. Durch die umfangreichen Untersuchungen ZALESKY's scheint die ältere Behauptung erwiesen, dass die Knochensubstanz eine konstante chemische Verbindung von unorganischen Stoffen bei allen Thieren, in allen Lebensaltern etc. sei, organische Stoffe (beim Menschen): 34,6 pCt., unorganische: 65,4 pCt.; letztere bestehen nach obiger Formel aus:  $\text{Mg}_3 \text{P}_2 \text{O}_8$  4,0392 und  $\text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{O}_8$  83,8886, dann Ca O an  $\text{CO}_2$ , Cl, F gebunden: 7,6475, daneben noch Spuren von Eisenoxyd. AEBY fand im Menschenknochen 34,43 pCt. organische Substanz, 42,24 pCt. Wasser und sein specifisches Gewicht zu 4,936.

Vergleichende chemische Untersuchungen haben jedoch weiter ergeben (BIBRA, LEHMANN, AEBY), dass der Procentgehalt der Knochenmasse an erdigen, huerfesten Bestandtheilen und damit das specifische Gewicht in den gleichnamigen Knochen im Alter verschiedener Individuen entsprechend der verschiedenen Arbeitsfähigkeit bis zum kräftigen Mannesalter steigt, um von da an wieder zu fallen. So betrugen z. B. bei einem Kinde von  $\frac{3}{4}$  Jahren die erdigen Knochenbestandtheile des Femur 56,4 pCt., bei einem 25 jährigen Manne 69,0 pCt., bei einem 78 jährigen Weibe 66,8 pCt. Die untersuchte Knochenmasse war getrocknet, der Rest bestand also allein aus trockener leimgebender Substanz. Nach den Untersuchungen von WERTHEIM nimmt in Uebereinstimmung mit diesen Ergebnissen der chemischen Analyse die Festigkeit der Knochen mit dem zunehmenden Alter ab.

Den einzelnen Knochen, welche das mechanische Gerüst des menschlichen Körpers zusammensetzen, werden in dem Haushalte des Organismus verschiedenen grosse Kraftleistungen zugemuthet, welche einen verschiedenen Grad von Festigkeit voraussetzen. Die Rippen und das Brustbein sind offenbar viel geringerem Drucke ausgesetzt und bedürfen, um den ihnen übertragenen mechanischen Leistungen zu genügen, einer geringeren Festigkeit als der Oberarm- oder Oberschenkelknochen, die so vielfältig als starre Hebel verwendet werden. Diesen Verschiedenheiten in den Anforderungen von Seiten des Organismus an die Festigkeit der einzelnen Knochen entspricht ein verschiedener Gehalt an Knochenerde, auf deren Anwesenheit die genannte Eigenschaft der Knochen beruht. Nach den Untersuchungen von BIBRA enthält das Oberarmbein 60 pCt., das Brustbein 54 pCt. Knochenerde. Die übrigen Knochen ordnen sich dazu in folgender Reihe: Humerus, Femur, Tibia, Fibula, Ulna, Radius, Metacarpus, Os occipitis, Clavicula, Scapula, Costa, Os ilium, Vertebrae, Sternum.

Außer der chemischen Zusammensetzung muss auf die physikalischen

Eigenschaften der Knochen offenbar auch noch ihr verschiedener Bau von Einfluss sein. Je nach der Anzahl und Grösse der vorhandenen Markcanälchen und Knochenhöhlen wird die Festigkeit und Federkraft wechseln. Wir erkennen auch hier den Aufgaben, zu welchen der Organismus die einzelnen Knochen gebraucht, entsprechende Verhältnisse.

Nach C. AEBY gewinnt der frische Knochen durch Abkühlung auf die Lufttemperatur auch unter Wasser hygroskopische Eigenschaften, die er durch Erwärmen wieder verliert, um die Eigenschaften eines befeuchteten Gewebes anzunehmen; somit ändert sich sein physikalisches Verhalten in hohem Masse.

Ueber das Maass der absoluten Festigkeit der Knochen haben BEVAU und WERTHEIM Untersuchungen angestellt. Sie massen die Kraft, welche nöthig ist, compacte Knochen zu zerreißen. RAUBER mass die Kraft, welche erforderlich ist, um Knochen zu zerdrücken: rückwirkende Festigkeit. Die absoluten Werthe für Cubikcentimeter der geprüften Knochen sind nach ihm folgende: Das Oberschenkelbein des Menschen bedurfte zum Zerdrücken parallel zu seiner Längsaxe 1680—2320 Kilogramm; senkrecht zur Längsaxe 1780. Das Schienbein desselben Individuums in beiden Richtungen 1120—1382 und 1127. Die Spongiosa eines Lendenwirbels eines Erwachsenen 65—95, eines Rippenknorpels 199—170 Kilogramm.

H. MEYER hat in dem Bau der spongiösen Knochensubstanz eine bestimmte Structur nachgewiesen; ihre Faserung ist verschieden, je nachdem sie einseitigen oder mehrseitigen Widerstand zu leisten hat. Am unteren Ende der Tibia z. B., welche einen mehr einseitigen Widerstand zu leisten hat, bemerkt man auf frontalem Durchschnitt von den corticalen Schichten längsverlaufende Lamellen sich ablösen, welche in perpendiculärer Richtung die Spongiosa parallel senkrecht auf die Gelenkfläche durchziehen. Am oberen Ende der Tibia durchkreuzen sich die Züge der Spongiosalamellen, rundmaschige Räume umschliessend, geeignet, nach allen Seiten Widerstand zu leisten. Am wenigsten ausgebildet ist, den mechanischen Ansprüchen entsprechend, dieser Bau in den oberen Extremitäten.

Auch die Knochen zeigen Stoffwechsel. Wir sehen das Leben überall mit einem Wechsel und Zersetzung der chemischen Bestandtheile der belebten Organismen und ihrer Organe verbunden. Man könnte auf den Gedanken verfallen, dass diese starren, steinähnlichen Massen, die Knochen, dem chemischen Wechselverkehr des Lebens entzogen seien. Nur bis zu einem gewissen Grade ist diese Annahme gerechtfertigt. Jene anorganischen Stoffe des Knochens, welche mehr als die Hälfte seiner gesamten trockenen Masse ausmachen, sind alle höchstoxydirte Verbindungen, eine Aufnahme von Sauerstoff in ihre Zusammensetzung und dadurch ein Antheilnehmen dieser Stoffe an den kräfteerzeugenden organischen Vorgängen findet nicht mehr statt, die betreffenden Kalkverbindungen besitzen einen anorganischen Charakter.

In der organischen Grundsubstanz der Knochen beweist der Bau aus den mit einander communicirenden Zellen, den Knochenkörperchen, welche in die Kalkcanälchen der Zwischenmaterie sich eingelagert finden, sowie die reichlichen Blutgefässe, die sie durchziehen, und die in sie eintretenden Nerven einen verhältnissmässig regen Stoffverkehr und Stoffwechsel.

Pathologische und experimentell-physiologische Erfahrungen ergeben, dass die Lebenserscheinungen im Knochen ziemlich lebhafter Natur sind. Bei Knochenbrüchen findet eine Neubildung der Knochensubstanz vom Periost aus statt, welcher Vorgang schliesslich die Wiedervereinigung der getrennten Knochen-theile, die Heilung der Fractur herbeiführt. Fütterungsversuche mit dem thierischen



Farbstoffe des Krapp oder Einspritzen von Alizarin in die Venen (LIEBERKÜHN), wodurch nur die neugebildete Knochensubstanz (LIEBERKÜHN, F. BUSCH u. A.) gefärbt wird, sprechen dafür, dass beständig ein Neuwachsthum der Knochensubstanz durch Apposition theils vom Periost aus (Dickenwachsthum) und theils vom Intermediärknorpel an der Diaphyse aus (Längenwachsthum) stattfindet. Diesen Wachsthumsvorgängen entsprechen fortgehende Resorptionsvorgänge in der Markhöhle. Auch die flachen Knochen (z. B. des Schädels) wachsen durch Apposition (H. MAAS).

Auch der anorganische Theil der Knochen wird insofern in die Lebensvorgänge hineingezogen, als auch er einem beständigen Verbrauch, einer Auflösung und einer ebenso beständigen Erneuerung unterliegt. Bei Mangel an Kalksalzen in der Nahrung sehen wir die Knochen jugendlicher Individuen hart und nach erweichen, die anorganischen Stoffe schwinden (bei erwachsenen Thieren scheint dagegen die Knochenzusammensetzung von der Nahrung weitest Grenzen unabhängig, WEISKE); umgekehrt wird die Knochenbildung bei knochenschwachen Kindern und bei Knochenbrüchen nach ärztlichen Erfahrungen durch Kalkzusatz zur Nahrung befördert. Die Möglichkeit der Lösung des Wiederersatzes der phosphorsauren Kalkerde wird durch die Albuminate, und zwar vorzüglich das Casein gegeben, die Albuminate machen diesen wichtigen chemischen Stoff dadurch, dass sie sich mit ihm verbinden, in den alkalischen Säften: Blut und Lymphe, löslich.

**Knochenresorption.** — Wo Knochen und Zähne im normalen Verlaufe der Entwicklung einer Resorption anheimfallen, zeigen sie ausnahmslos eine feingrubige lakunöse Oberfläche. Diese Lakunen sind meist je von einer Riesenzelle eingenommen, welche durch Umgestaltung der Bildungszellen des Knochengewebes: der Osteoplasten (S. 660), entstehen. Diese Riesenzellen sind es, welche das Knochen- und Zahngewebe während des Zahnwechsels auflösen, sie werden daher als Osteoklasten oder Osteophagen bezeichnet (KÖLLIKER). Bei der Lösung verschwindet organische und anorganische Knochensubstanz gleichzeitig.

## Historische Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Frage des Knochenwachsthums (nach H. HELFERICH).

Das Wachsthum der Knochen gehört zu den interessantesten Vorgängen am jugendlichen Organismus und ist wohl schon deshalb mit Vorliebe zu allen Zeiten Gegenstand der Ueberschau und Untersuchung gewesen, da kein anderes Organ im Organismus in verschiedenen Graden so bedeutende Grössendifferenzen zeigt, wie der lange Röhrenknochen. Auf den letzteren beziehen sich die verschiedenen Untersuchungen hauptsächlich. Die kurzen und breiten Knochen des Skelettes und der Schädel unterliegen ohne Zweifel denselben Vorgängen, doch sind die Verhältnisse an denselben nicht so klar und sind nicht so leicht nachzuweisen.

Es wäre ein Irrthum, zu glauben, dass in Folge aller dieser erwähnten Verhältnisse die Wachsthumsvorgänge an den langen Röhrenknochen, auf die wir uns im Folgenden allein beziehen werden, von den verschiedenen Autoren einmüthig aufgefasst würden. Im Gegenstand standen sich lange Zeit zwei Parteien scharf gegenüber. Die Einen nahmen an, der jugendliche Knochen erhalte die Form des erwachsenen durch sogenannte interstitielle Vorgänge, d. h. durch Expansion der vorhandenen Knochenbälkchen und durch Einlagerung neuer Substanz zwischen dieselben (interstitielles Knochenwachsthum); die Andern hielten an der Ansicht, dass die einmal gebildete und vorhandene Knochensubstanz nicht weiter veränderlich sei, namentlich nicht direct sich ausdehnen könne, sondern dass das Wachsthum durch Apposition neuer äusserer Schichten zu Stande komme, dass das Längenwachsthum

thum durch Apposition am Diaphysenende vom sogenannten Epiphysenknorpel während das Dickenwachsthum durch periostale Anbildungen vor sich gehe **appositionelles Knochenwachsthum, Appositionstheorie**).

Manches schien zunächst für die Richtigkeit der zuerst erwähnten Ansicht sprechen einmal die Analogie mit den Wachsthumsvorgängen aller übrigen Organismus welche unzweifelhaft auf interstitiellen Vorgängen beruhen dann dass dabei eine gewisse aktive Lebensthätigkeit der Knochen angenommen wurde welche viel besser zu den anatomischen Thatsachen von dem grossen Gefäss des Knochens passte, als die Ansicht, der einmal gebildete Knochen verhalte sich endlich schien die Erklärung mancher Veränderungen an Knochen besonders die ungleiche Vergrösserung der Markhöhle, viel leichter und ungezwungener bei interstitieller Prozesse. In diesem Sinne schrieb JOH. V. MÜLLER in seinem *Lehrbuch der Physiologie*, »dass die Knochensubstanz durch die Beinhaut gebildet werde, diese halte ich für eine des jetzigen Zustandes der Physiologie unwürdige Barbarei«.

Die Appositionstheorie blieb im Laufe der Zeit fast unverändert man nahm der Apposition auf einer Seite das Vorhandensein von Resorptionsprocessen auf der andern Seite an, namentlich um merkwürdige Veränderungen an der äussern Oberfläche der Markhöhleseite des Knochens zu erklären Die Entdeckung der Osteoklasten bildete eine bedeutende Stütze dieser Ansicht.

Wenn man heute die Vorgänge am Knochen vorurtheilsfrei untersucht und die beiden Wachsthumstheorien prüft, so ergibt sich etwa folgendes:

**1. Grob anatomische Beobachtung.** — Man hat in der That zu verschiedenen Zeiten sich geometrisch ähnlich bleibenden Architectur der Knochenbälkchen einzufinden geglaubt, der nur durch die Annahme einer Expansion also interstitiellen Wachsthumes, keineswegs aber durch Apposition zu erklären sei J. WOLFF. Diese Beobachtung wurde hauptsächlich am obern Femurende gemacht worden.

Im Gegensatz hierzu ist sicher nachgewiesen, dass der Winkel zwischen Haken des Lemur während der Wachsthumsvorgänge nicht gleich bleibe STRELFER. Und als zweiter Umstand wurde gefunden, dass die Architectur der Knochenbälkchen nicht unwandelbar sei man weiss, dass die Resorption des Callus nach einer Fractur nur bis auf die physiologisch wichtige Form stattfindet dass dabei entsprechend der vorhandenen Dislocation eine veränderte, aber zweckmässige Anordnung der Knochenbälkchen stattfindet, und dass nach einer guten Lagerung der Fracturstücke die normale Architectur wieder gebildet werden könne.

**2. Die mikroskopische Beobachtung** wurde von verschiedener Seite und an dem Unterkiefer angestellt.

RUGE untersuchte das 1. Backzahnstück des Unterkiefers an verschiedenen Altersstufen STRELZOFF fand bei seinen ausgedehnten Untersuchungen über die Knochenentwicklung, dass die Knochenkörperchen in embryonalen Knochen nebeneinander liegen als in älteren Knochen beide Beobachter wurden Verfechter des interstitiellen Knochenwachsthumes.

Aus den Untersuchungen von RUGE konnte aber nur hervorgehen, dass das Knochenstück in verschiedenem Alter verschieden sei, nicht, dass der selbe Knochen interstitielle Vorgänge sich ändere. STRELZOFF'S Messungen wurden nur als richtig angesehen, wenn man von der Peripherie des einen zum nächsten Rande des Nachbarkörperchens stellt man dagegen die Messung vom Centrum des einen zum Centrum des andern Körperchens an, so erhält man in jugendlichen und erwachsenen Knochen dasselbe Resultat die Erklärung zeigt, dass die Knochenkörperchen bei Erwachsenen so dicht liegen, als in der Jugend so kommt es, dass die in der That vorhandene grössere Zwischenräume zwischen zwei Knochenkörperchen abgelagerte Knochensubstanz beim Erwachsenen im Sinne des interstitiellen Wachsthumes zu verwerthen ist STRELFER u. A. Es ergibt sich aus den Beobachtungen von v. EBNER, dass die Knochenstructur vom Kind an

ganz total verschieden ist, und deshalb eine directe Vergleichung minutiöser Verhältnisse nicht zulässt.

**3. Experimentelle Untersuchung.** — Gegenüber den Angaben von J. WOLFF ist zuerst in Betreff des Längenwachsthums an den langen Röhrenknochen Folgendes zu konstatiren:

Stifte, welche als Marken in gemessener Entfernung an der Diaphyse eines jugendlichen Knochens eingefügt werden, zeigen nach weiterem Wachsthum des Knochens keine Verschiebung zu einander, sie behalten ihre ursprüngliche Entfernung von einander; eine Verschiebung tritt nur insofern ein, als die durch die Stifte markirte Knochenpartie von dem Knochenende abrückt und mehr in die Mitte des Knochens geräth.

Stifte, welche in gemessener Entfernung in Diaphyse und Epiphyse fixirt sind, also den Intermediärknorpel zwischen sich fassen, zeigen nach weiterem Wachsthum des Knochens eine beträchtliche Verschiebung zu einander: die Entfernung ist gewachsen. Diese beiden Versuche sind von J. HUNTER, DUHAMEL, MAAS, WEGNER, OLLIER u. A. angestellt.

Wird der eine Intermediärknorpel eines jugendlichen Knochens entfernt, ohne dass der Knochen sonst beschädigt wird, so zeigt sich nach vollendetem Wachsthum, dass der betreffende Knochen kürzer ist, als der entsprechende gesunde der anderen Seite (OLLIER). Durch Combination des obigen Stiftversuches mit der letzterwähnten Excision des Intermediärknorpels lässt sich nachweisen, dass nach Entfernung des Knorpels ein weiteres Wachsthum diesem Knochenende überhaupt nicht stattfindet (HELPERICH). Experimente, welche darauf ausgehen, die während einer gewissen Periode neugebildete Knochenmasse von dem früher vorhandenen Knochen zu unterscheiden, wie die Versuche mit Krappfütterung (MARTIN) und die Phosphorfütterung (WEGNER) lehren die Anbildung der neuen Knochenmasse an gewisser Stelle, besonders an der Diaphyse, da wo sie dem Intermediärknorpel entspricht. Alle diese Versuchsergebnisse beweisen in Bezug auf das Längenwachsthum die Unveränderlichkeit des einmal gebildeten Knochens (der Diaphyse), und die fortwährende Anbildung neuer Knochensubstanz am Diaphysenende vom Intermediärknorpel aus.

Für das Dickenwachsthum lässt sich noch leichter nachweisen, dass dasselbe ganz vom Periost abhängig ist. Werden feine Metallplättchen subperiostal an einem wachsenden Knochen eingefügt, so werden sie bald von einer dünnen Knochenlage bedeckt; je jugendlicher der Knochen, an welchem in dieser Weise experimentirt wird, desto dicker wird mit der Zeit die aufgelagerte Knochenschicht und das Plättchen wandert mehr und mehr in die Knochenwand hinein, bis es schliesslich an der Markhöhenseite zum Vorschein kommt, da hier, entsprechend der Apposition an der Aussenseite, Resorptionsvorgänge eintreten, um die Markhöhle zu vergrössern und ihre definitive Form zu bestimmen.

Alle experimentellen Resultate weisen also auf das Deutlichste darauf hin, dass Längen- und Dickenwachsthum der Knochen durch Apposition und Resorption zustande kommen, dass interstitielle Processe dabei keine Rolle spielen. Die grob chemischen und mikroskopischen Verhältnisse haben gleichfalls die letztere nicht nur nicht bestätigt, sondern sogar widerlegt.

## Knorpel und Bänder.

Zur Bildung der glatten Oberflächen der Gelenkenden, zur Verbindung der einzelnen Skeletstücke unter einander, findet sich ein von der Knochensubstanz wesentlich verschiedenes Gewebe: das **Knorpelgewebe** verwendet, welches sich durch besondere Biegsamkeit und Zähigkeit auszeichnet. Es enthält nur eine geringe Menge anorganischer Bestandtheile, etwa 2—7 pCt. (BIBBA). Seine Hauptmasse besteht aus chondringebender Substanz, die ziemlich viel Wasser, zwischen 30 und 46 pCt., enthält.

Die Lebenserscheinungen innerhalb des Knorpels scheinen gering. Die

weit von einander liegenden, durch Zwischenmaterie getrennten Knorpelzellen der Mangel an Blutgefässen, erklärt dies. Niemals heilt eine Knorpelwund durch neugebildete Knorpelsubstanz, es bildet sich nur eine bindegewebige Narbe. Es ist dies auffallend, da der Knorpel zu den Formbestandtheilen gehört, welche in pathologischen Neubildungen entstehen können.

J. ARNOLD studirte, durch Infusion mit indigschwefelsaurem Natron, die Saftbahnen im Knorpel. Der Ernährungssaft wird durch die Gefässe des Perichondriums und Marks zugeführt, in der Intercellularsubstanz dringt durch enge, zwischen den Fibrillen und Fibrillenbündeln gelegene »interfibrilläre Spalten« vor, welche wieder durch feine in der Knorpelkapsel radiär verlaufende »intracapsuläre Spalten« in den von der Kapsel umschlossenen »pericellulären Raum« einmünden, in welchem die Knorpelzelle von einer sehr dünnen Schicht von Ernährungsmaterial umgeben ist. BRIDGE nimmt nach seinen Beobachtungen ein eigenes festbegrenztes Röhrensystem im Knorpel an, in welchem im Leben Ernährungsflüssigkeit im Zusammenhang mit dem Lymphgefässsystem cirkulire.

Der Zusammenhalt der einzelnen Skeletstücke wird durch einen **Verbindungsapparat** vermittelt, welcher die zusammengehörigen Knochenenden, die Gelenke, mit häutigen, dicht anliegenden Kapseln umschliesst, deren Festigkeit noch durch eigene, seitlich oder im Innern der Gelenke befindliche Bänder verstärkt wird. Zur Herstellung dieses Verbindungsapparates findet sich **elastische Gewebe** und das **lockige Bindegewebe** benutzt, welches dazu durch seine grosse Festigkeit besonders eignet, die mit einer grossen Dehnbarkeit bei niederen, mit einer grossen Steifigkeit bei höheren Spannungsgraden verbunden ist. Da das Bindegewebe der Träger der Blutgefässe ist, vermittelt es überall den Zutritt der ernährenden Gefässe zu den umschlossenen Gebilden. Seine Festigkeit mit Elasticität wird gesteigert durch die **Härtungsprocess** seiner Grundsubstanz, der zur Bildung der elastischen Membranen und Bänder führt.

Aus diesen dreierlei Geweben: dem Knochen-, Knorpel- und lockigen Bindegewebe mit elastischen Elementen, ist der **passiv bewegte Theil** der Maschine des menschlichen Körpers zusammengesetzt.

### Die Gelenke.

Ein Theil des Skeletes ist durch mehr oder weniger unbeweglich mit einander verbundene Knochen gebildet, so dass wir ihn für unsere Betrachtung zunächst als fest ansehen dürfen: die Knochen des Rumpfes. An diesen sind die eigentlich zur Bewegung dienenden Knochen der Extremitäten beweglich eingelenkt. Uns interessirt hier vor Allem die Verbindungsweise der Extremitätenknochen unter sich und mit dem Rumpfe, da wir vorzüglich die Bewegungsmöglichkeit ins Auge zu fassen haben.

Die Verbindungen der Bewegungsapparate sind im Allgemeinen nach einem einfachen Principe konstruirt. Zwei Knochen stossen mit freien Endflächen aneinander; um die Berührungsflächen zieht sich eine häutige Kapsel, die mit einem Ende an dem einen, mit dem anderen an dem zweiten der beweglich aneinander verbundenen Knochen, und zwar am Rande ihrer Berührungsflächen



behaftet ist. So entsteht an den Berührungsflächen eine vollständig geschlossene Höhle: die Gelenkkapsel. Die Wände dieser Höhle sind vollkommen glatt, so die mit einem Knorpelüberzuge versehenen Gelenkenden, sie werden mit einer eiweiss-, fett- und mucinhaltigen Flüssigkeit mit vielen zerfallenen Zellen und etwa 95 pCt. Wasser: die Gelenkschmiere, schlüpfrig erhalten (KÖNIG). Der Spannung der Gelenkkapseln stehen die das Gelenk umlagernden Muskeln vor.

Der Ausdruck Höhle für das Innere der Gelenkkapsel ist im strengen Wortsinne falsch, insofern diese vollkommen von ihrem Inhalte ausgefüllt ist. Die Bewegung etwa zwischen den Gelenkenden entstehenden Lücken werden durch die Gelenkflüssigkeit ausgefüllt (KÖNIG). Da gleichzeitig bei allen Gelenken ein vollkommener Luftabschluss existirt, so werden schon allein durch den Luftdruck die Gelenkenden und die Gelenkkapsel fest an einander angedrückt, so dass sie unter normalen Bedingungen, so lange die Gelenkkapsel nicht zerrissen ist, nicht von einander weichen können. Allen Bewegungen der Gelenkenden an einander folgt die Gelenkflüssigkeit und die Membran der Gelenkkapsel, so dass niemals ein hohler, leerer Raum in der Gelenkhöhle entsteht. Diese Verbindungsweise macht den Zusammenhalt der Gelenkenden der Extremitäten ohne Aufwand von mechanischer Kraft möglich. Die Wirkung des Luftdruckes, der dem Entstehen eines leeren Raumes in den Gelenkkapseln entgegenwirkt, ist so bedeutend, dass sie nicht nur der Schwere der eingelenkten Glieder das Gleichgewicht hält, sondern dass sie noch überdies die Knochen mit einer gewissen Kraft, welche verschieden gross ist, im Oberschenkelgelenk je nachdem das Becken gegen das herabhängende Bein mehr oder weniger abducirt ist (A. E. FICK), an einander drückt. Wir verdanken diese Einsicht der Luftdruckwirkung in den Gelenken den Untersuchungen der Gelehrten EDUARD und WILHELM WEBER. Der Gelenkkopf des Oberschenkels wird mit einer beträchtlichen Kraft in der Pfanne festgehalten, auch wenn alle Weichtheile mit der Gelenkkapsel durchschnitten wurden; sobald man aber die Gelenkpfanne vom Becken aus anbohrt und damit der Luft freien Zutritt gestattet, so sinkt der Gelenkkopf aus der Pfanne heraus. AEBY constatirte dasselbe Verhalten für die wichtigsten Gelenke; er formulirt seine Resultate dahin, dass der Luftdruck allein und für sich nach Durchschneidung sämtlicher das Gelenk umgebender Weichtheile einschliesslich der Kapsel völlig ausreiche, um die Gelenkflächen in Contact zu halten und somit die dazu gehörigen Skeletabschnitte in Zusammenhang zu erhalten. (FR. SCHMID gibt an, dass der Luftdruck das Gewicht der Schenkel etwa ein Drittel ihres Gewichtes übercompensirt.) Durch die Einrichtung, dass die Wirkung des Luftdruckes durch das Gewicht des an dem Gelenke hängenden Gliedes gerade äquilibrirt ist, können sich die Gelenkflächen fast ohne Reibung an einander bewegen, das Bein kann in seiner Gelenkpfanne fast reine Pendelbewegungen ausführen. Unter diesen Bedingungen ist es nothwendig für feine Bewegungen, dass die eine Gelenkfläche ziemlich genau der Abweichung der anderen sei; bei den Bewegungen schleifen oder gleiten diese an einander hin. FR. SCHMID erhärtete wieder (gegen PALETTA und KÖNIG) die völlige Congruenz der beiden Gelenkflächen des Hüftgelenks. Da die Gelenkflächen selten Abschnitte von Kugelflächen, meist Theile congruenter Rotationsflächen sind, so kann eine vollkommene Flächenberührung zwischen



Kopf und Pfanne nur bei dem Zusammenfallen der Rotationsaxen beide treten. Ist das nicht der Fall, so müssen grössere oder geringere Zwischenräume zwischen Kopf und Pfanne entstehen (welche König mit Unrecht aus Formverschiedenheiten erklären wollte).

Alle im menschlichen Körper sich findenden Gelenke, welche eine grössere Beweglichkeit zeigen, sind durch das Zusammenstossen sogenannter Rotationsflächen, oder vielmehr Stücke von solchen gebildet, die man sich entstanden denken kann durch Umdrehung beliebiger Curve um eine mit ihr fest verbundene gerade Linie. So entsteht z. B. der Cylinder, dessen Schema sich bei den Gelenken verwendet findet, bei den sogenannten Charlevoixgelenken dadurch, dass sich eine gerade Linie um eine mit ihr parallel in derselben Ebene gelegene Linie dreht. Die Abgussfläche des Cylinders, in die er bei der Bildung der Gelenkfläche hineingesenkt ist, kann natürlich auf dieselbe Weise gleichzeitig entstanden gedacht werden, wenn wir uns vorstellen, dass die gedrehte Linie den Cylinder aus einer weichen Masse ausschneidet, wobei zugleich der Cylinder und sein Abguss hervorgebracht wird. Aus dieser Bilde wird am leichtesten durch unmittelbare Anschauung klar, wie bei zusammenstossenden Rotationsflächen, z. B. in den Gelenken, nur solche Bewegungen vorkommen können, die aus einer Drehung um die Axe der Rotationsfläche bestehen, wenn eine Entfernung der beiden aneinander schleifenden Flächen nicht möglich ist.

Darnach wären die Bewegungen in den Gelenken sehr beschränkt, je nach der Form der zusammenstossenden Gelenkflächen; die Natur ertheilt ihren Gelenken dadurch eine grössere und mannigfaltigere Beweglichkeit als die Mechanik, dass sie bei allen ihren mechanischen Einrichtungen sich nicht an geometrische Strenge der Ausführung bindet. Ein Charlevoixgelenk, das nur Bewegung in einer Richtung zulassen sollte, konnte sonach auch in anderen Richtungen eine wenn auch beschränkte Beweglichkeit erhalten. Es entstehen so die gemischten Gelenke der Anatomie.

Am freiesten ist die Beweglichkeit derjenigen Gelenke, bei denen die zusammenstossenden Flächen Abschnitte ein und derselben Kugel sind: der Kugelgelenke; der eine Knochen besitzt eine convexe, der andere eine concave Gelenkfläche, welche genau auf einander passen, wie bei dem Hüftgelenke, dem Schultergelenke. Diese Gelenke zeigen im Gegensatz zu anderen Gelenken, welche nur eine Bewegung nach bestimmter Richtung gestatten, allseitige Beweglichkeit. Vor allen sonstigen Rotationsflächen ist nämlich die Kugel, — entstanden, indem sich ein Halbkreis um seine Axe, diese als feststehende Linie gedacht — dadurch ausgezeichnet, dass sie mit ihrem als festgestellt gedachten Abguss (der Pfanne) in allseitiger Berührung bleibt, nicht nur bei der Drehung um eine bestimmte, sondern bei der Drehung um jede beliebige Linie als Axe, welche durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Jede Axe der Kugel kann als Drehungsaxe verwendet werden. Bei den Bewegungen solcher concaver und convexer Kugelflächen an einander bleibt nur der Mittelpunkt der Kugel unbeweglich, bei den Bewegungen des Cylinders in einem Cylinderausschnitt es eine Linie, die Cylinderaxe, welche als ruhend bei dem Aneinanderschleifen gedacht werden muss. Die Gelenke mit Kugelflächen können sonach alle Bewegungen ausführen, denen der Mittelpunkt der Kugelflächen unbewegt bleibt. Nach SCHMID (cf. oben) sind die meisten Gelenkflächen nicht Abschnitte congruenter Kugelflächen, sondern Theile congruenter Rotationsellipsoide.

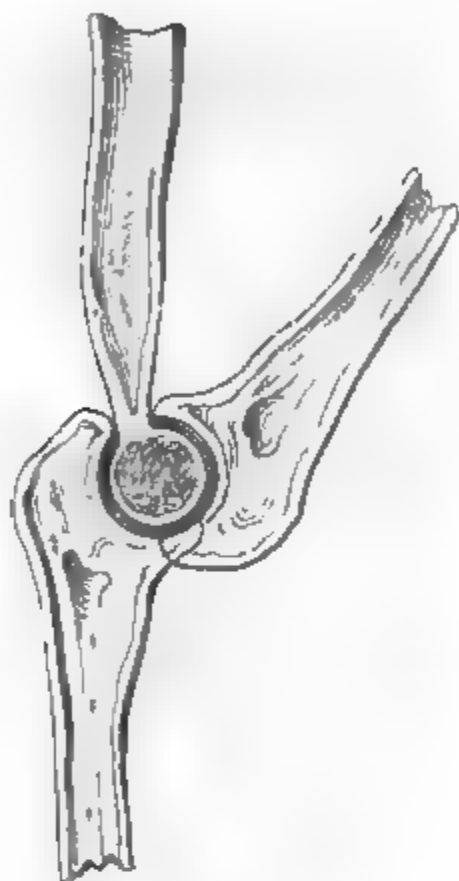
### Der Bau der Extremitätengerüste.

Die in der angegebenen Weise verbundenen Knochen stellen Hebel dar, durch deren Bewegung in bestimmten Richtungen Lasten gehoben, oder geschoben etc. werden können.

Die oberen und unteren Extremitäten zeigen folgende Bauart:

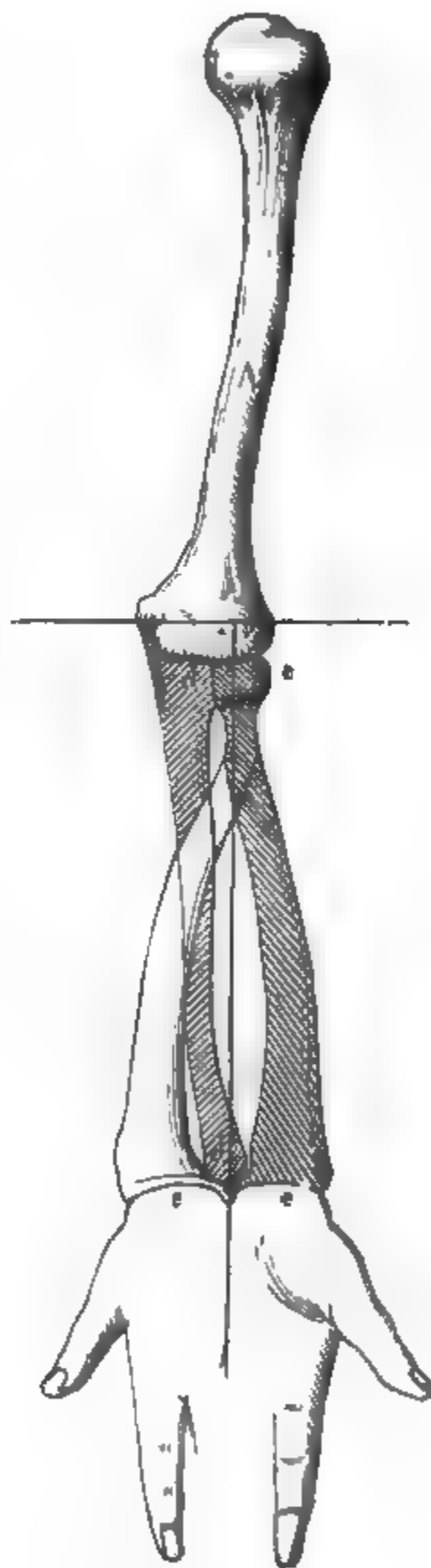
e Analogie. Doch finden sich zwischen beiden Modificationen, welche ihren denartigen Leistungen entsprechen. Während die Beine als feste Trag- es Rumpfes oder zur Ortsbewegung desselben dienen, haben die Arme die

Fig. 437.



Schema des Ellenbogengelenkes in grösster Biegung und Streckung.

Fig. 438.



Schema der Bewegungen des Unterarmes; sie erfolgen um die beiden gezogenen Axen.

e des Ergreifens, Festhaltens, Abwehrens r Objecte von dem Gesamtkörper. Wir demnach die Beine in ihrer Structur in ihren Bewegungen stabiler erwarten als die Arme, die eine geringere Festig- gegen eine grössere Beweglichkeit für mannigfaltigeren Verrichtungen verlangen.

Der Armgerüst ist ein gegliederter Stab, r mit dem Rumpfe durch das freieste Ge- sganzen Körpers, das Schultergelenk, enhängt. Die hohe Beweglichkeit des rgelenkes beruht vor Allem darauf, dass es enanntes Kugelgelenk ist, das aber in- hier eine Besonderheit zeigt, als der Ge- of zwar den grössten Theil einer Kugel- larstellt, die Pfanne aber nur ein sehr klei- ck der entsprechenden Hohlkugel. So o durch den knöchernen Theil des Ge- ie Beweglichkeit weit weniger beschränkt,

er Fall wäre, wenn die Pfanne als starre Knochenkapsel den grössten Gelenkkopfes, wie bei den Nussgelenken der Mechanik, umgreifen

würde. Das Festhalten des Armes in seinem Schultergelenke ist dem I. drucke mit Hülfe der umschliessenden dehnbaren Kapsel übertragen. Es ist also eine Drehung des Armes in diesem Gelenke nach allen Richtungen um Mittelpunkt der Kugelgelenkfläche stattfinden.

Die beiden Hauptabschnitte des Stabes — Ober- und Unterarm — sind durch ein Charniargelenk mit einander verbunden, welches eine fast beliebige Beugung der beiden Abschnitte, die Streckung aber nicht gestattet, als bis Oberarm und Unterarm eine gerade Linie mit einander bilden (Fig. 157). Die Rückwärtsbewegung über die gerade Linie hinaus ist durch eine Hemmungsvorrichtung, einen Sperrhaken: das Olekranon, unmöglich gemacht. Es wird durch diese Einrichtung der Arm in der ausgestreckten Lage zu einem festen steifen Stab, an dessen vorderem Ende eine Last ziehen kann, ohne ihn zu biegen; der ganze Arm kann sonach unter diesen Umständen als ein einfacher, starrer Hebel benutzt werden.

Das Ellenbogengelenk zwischen Oberarmknochen und Ulna, welches der Hauptunterarmknochen zu betrachten ist, besitzt wie gesagt nur eine beschränkte Beweglichkeit, die nur Beugung zulässt. Dadurch, dass das Unterarmknochengerüste aus zwei neben einander liegenden, gegen einander durch Ligamente verbundenen Knochen: Ulna und Radius, gebildet ist, konnte dem Unterarm noch eine Drehung, Torsion, um seine Längsaxe ermöglicht werden, welche freilich weniger mit den Functionen des Armes als mit denen der an dem Unterarme ansitzenden Hand zu thun hat (Fig. 158). H. WELCKER fasst die Pronation und Supinationsbewegung nicht als Rotation, sondern als Charnierbewegung auf. Die Axe des Charniers gehe von der Mitte des Radiusköpfchens zum Fortsatz der Ulna. Gehe man von der Parallelstellung beider Knochen aus, so bewirke eine Dorsalflexion des Radius Supination, Volarflexion Pronation.

Die Hand ist ein vielfach gegliederter Mechanismus, dessen bewegliche Gelenkverbindung Beugung und Streckung, Adduction und Abduction gestattet, so dass sich alle Bewegungsmöglichkeiten, die sich bei den einzelnen Gelenkverbindungen finden, vom Schultergelenke an bis zum Handgelenke summiren, so dass die Hand die ausgedehnteste Bewegungsmöglichkeit. Die Zahl der Verriichten, deren die Hand fähig ist, beruht auf der Mannigfaltigkeit ihrer möglichen Bewegungen als Ganzes und ihrer einzelnen Theile. Die Hand besteht aus fünf an ihren Enden verbundenen, gegliederten Stäbchen, welche auf einem mosaikartig gebauten Knochenstücke, der Handwurzel, in einer Reihe nebeneinander befestigt sind. Jedes solche Stäbchen besteht zunächst aus drei Grundgliede, dem Mittelhandknochen, von denen vier ziemlich unbeweglich mit einander verbunden sind und somit ein tellerartiges Organ: den Handteller darstellen. Der Mittelhandknochen des Daumens zeigt dagegen eine grosse Beweglichkeit, auf welcher, vereinigt mit der ebenfalls vorhandenen geringen Beweglichkeit des Mittelhandknochens des kleinen Fingers, die Möglichkeit der Zusammenbeugung des Handtellers zu einer rinnenartigen Vertiefung und der Gegenüberstellbarkeit des Daumens beruht. Auf den unteren Enden der Mittelhandknochen sitzen die Knochen der Finger frei beweglich auf. In den Gelenken der Finger- und Mittelhandknochen ist ausser Beugung und Streckung bis etwas über die Gerade auch noch Ab- und Adduction möglich, die einzelnen Fingerglieder besitzen nur die Fähigkeit der Beugung und Streckung. Mit

ger kann sich die Hand zum hohlen Gefässe, zur Faust, zum Haken und alle des gegenüberstellbaren Daumens zur Zange, zum Ring gestalten, dem Bedürfnisse, welchem durch die Bewegung genügt werden soll. Die Vielfachheit der Bewegungsmöglichkeiten und wirklich ausgeführten Bewegungen des Armes und der Hand hat bisher eine vollkommen genaue mechanische Analyse derselben noch vereitelt. So mag diese Skizze genügen, um die mechanischen Verhältnisse, die sich hier ergeben, zu entwerfen. Die Functionen der unteren Extremitäten sind weit einfacherer Art als der Arme. Sie beschränken sich auf die Unterstützung des Rumpfes bei stehen und die Fortbewegung desselben bei den verschiedenen Arten des Ganges. Es war möglich, diese Verrichtungen vollkommen auf ihre mechanischen Bedingungen zurückzuführen. Das entscheidende Verdienst in dieser Richtung gebührt den oben genannten Gebrüdern WEBER, deren Arbeiten als Grundlage für alle mechanischen Erläuterungen der Bewegungen des animalen Körpers dienen müssen.

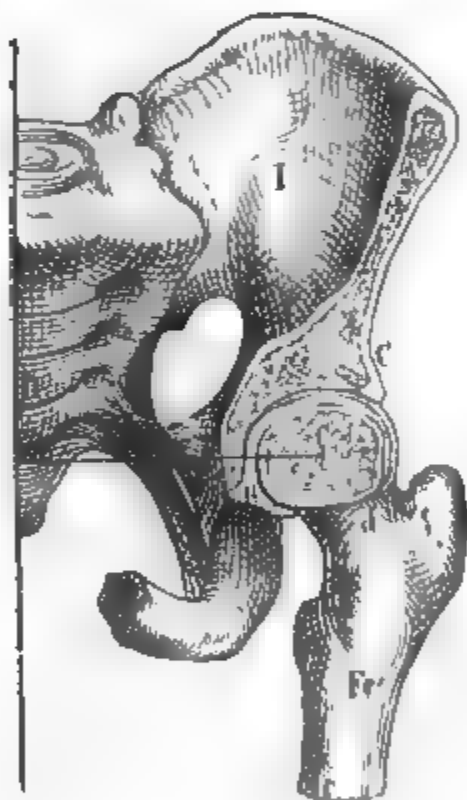
Überblicken wir auch hier vorerst den Bau der Bewegungsglieder, so bestätigt die Vermuthung, dass sie im Verhältnisse zu den Armen eine grössere Festigkeit ihres Gerüstes besitzen würden, vollkommen. Nicht nur sind die einzelnen Elemente der Beine bildenden Knochen massiver und stärker, auch ihre Gelenkverbindungen zeigen eine grössere Festigkeit auf Kosten ihrer Beweglichkeit.

Die Freiheit der Bewegungen der Arme ist dadurch eine bedeutende, dass sie durch ein System beweglich unter einander und mit kumpfe verbundener Knochenstücke, Schulter und Schlüsselbein, mit dem starren Rumpfe verbunden sind. Die Beine artikuliren an dem unbeweglich verbundenen Knochenring des Beckens, in dessen hinteren Umfang die Wirbelsäule fest eingeklemmt ist. Das Becken bildet die feste Basis des Rumpfes, mit welcher letztere auf seinen Tragsäulen ruht.

Die Beine sind wie die Arme mehrfach gegliedert. Die Art der Gelenkverbindungen zeigt ebenfalls eine unverkennbare Aehnlichkeit. Das Gelenk zwischen Oberschenkelknochen und Becken, das Hüftgelenk, ist wie das Schultergelenk ein Kugelgelenk und zwar ein wirk-

Nussgelenk, das, wie schon angegeben, durch das Uebergreifen des Pfannenrandes über den grössten Theil des Gelenkkopfes die Beweglichkeit zwar in jeder Richtung ermöglicht, sie aber doch nach allen Richtungen ziemlich beschränkt (Fig. 159). Auch hier ist die eigentliche knöcherne Hohlfläche des Beckens ein weit geringeres Stück einer Kugelfläche als die Gelenkfläche des Oberschenkelkopfes. Ein dem Pfannenrande aufgesetzter Knorpelring umgreift den Gelenkkopf in grösserer Ausdehnung. Die Bewegungen werden in dem

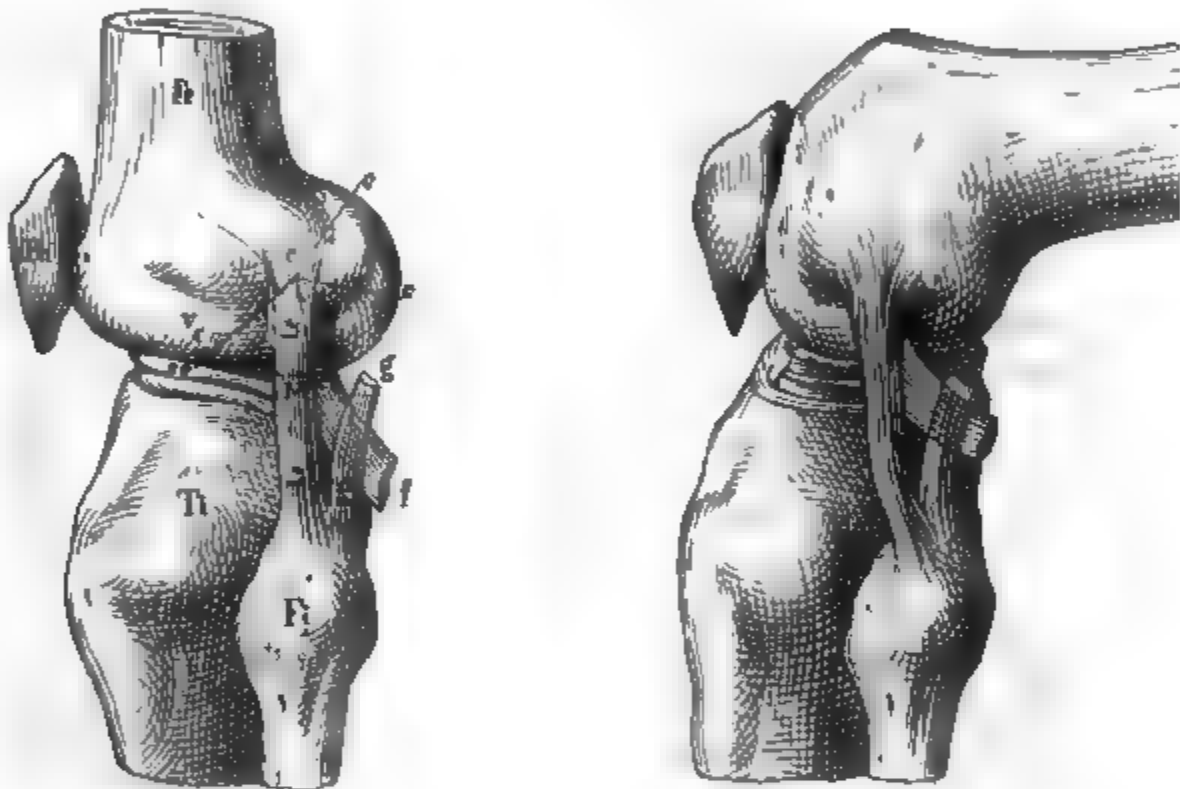
Fig. 159.



Rechte Hälfte eines menschlichen Beckens nach WEBER. a Ligamentum teres, Linie c Drehungsaxe des Beckens im Hüftgelenke.

Hüftgelenke gehemmt durch eine sehnige Kapsel, welche bei Bewegung gespannt und gedreht wird, ihre vordere Wand wird durch das feste Ligamentum ileo-femorale verstärkt, welches eine Rückwärtsbiegung des Rumpfes bei gebogenen Beinen durch seine Anspannung verhindert. H. Walckenaer unterscheidet vier Verstärkungsbänder des Hüftgelenks: Lig. ileofemorale anterius und superius, Lig. pubofemorale und Lig. ischiofemorale. Es sind dies die Faserzüge der Kapsel, welche sich bei stärkster Streckung des Femurs spannen. Streckt man das Bein aus der mittleren Lage, in welcher die Verstärkungsbänder erschlafft sind, so winden sich diese spiralförmig um den Schenkelhals und pressen diesen in die Pfanne ein. Davon rührt es her, dass bei Streckung und Beugung sich der Schenkelkopf in der Pfanne wie eine Schraube in einer Schraubenmutter bewegt.

Fig. 160.



*f* Sehne des Musculus popliteus. *le* Ligamentum laterale externum. *cc, cc IV, cc V* die zunehmenden Halbmesser des Kondylus. *gg* ein eigenthümliches Band, das von der Fibula zur Kapsel in der Kniekehle geht, und die Sehne *f* des Musculus popliteus in einer bestimmten Lage erhält.

Das Kniegelenk gestattet durch diese Einrichtung, die man seit langer Zeit schon als Schraubengelenk oder Spiralgelenk bezeichnete, eine Bewegung in ziemlicher Ausdehnung, die Streckung jedoch nur bis zur geraden Linie des Oberschenkelbeins, ohne dass wir hier eine ähnliche Hemmung antreffen wie das Olekranon am Ellenbogengelenk. Während der Streckung ist nur Beugung in dem Kniegelenk auszuführen. Bei gebogenem Knie kann der Unterschenkel auch nach auswärts und vorwärts gedreht werden. Bei höchster Streckung macht der Unterschenkel gleichfalls eine leichte Drehung nach aussen (Supination), die Beugebewegung beginnt mit einer Pronation. Nach ARZT und ALBRECHT nicht sowohl auf dem Abwickeln des Gelenkschlingens als auf gewissen Spannungsverhältnissen der Kreuzbänder beruht die Drehung des Unterschenkels an dem Oberschenkel bei gebogenem Gelenk durch eine Drehung des äusseren Kondylus um den inneren. (ARZT und ALBRECHT erklären neuerdings die Contactlinie der beiden Kondylen nicht für eine



ie entsprechen dagegen zwei sich an einander schliessenden Kreisen von verschiedenem Halbmesser.)

Die Beschränkung der Beweglichkeit im Knie beruht wie bei dem Hüftgelenk auf der Anwesenheit von Gelenkbändern, die nach bestimmten Richtungen, nach den Stellungen des Beines hemmend wirken. Bei gestrecktem Knie sind es die starken Seitenbänder, bei gebogenem die Kreuzbänder, welche dem Gelenk seine Festigkeit geben und die Bewegungen theilweise beschränken. Die beiden Seitenbänder spannen sich bei der Streckung des Knies an und erlaffen bei der Beugung. Der Grund dafür liegt darin, dass in der gestreckten Stellung der Abstand des Knochens von der Berührungsfläche bis zum Ansatzpunkte des Bandes grösser ist als in der Beugung des Gelenks. Die Gelenkfläche des Kondylus ist nämlich von vorn nach hinten nicht sphärisch, sondern mit zunehmendem Halbmesser gekrümmt (cf. oben AEBY), so dass dadurch bei einer übermässigen Streckung die Ansatzpunkte des Bandes sich von einander entfernen müssen (Fig. 160). So wird durch die Spannung der Seitenbänder eine weitere Streckung, wie eine Drehung des Unterschenkels vermieden. Die Kreuzbänder haben die Aufgabe, die Oberschenkelgelenkfläche bei allen Graden der Beugung auf der Tibialgelenkfläche festzuhalten.

Der Fuss bildet eine breite, feste Unterstützungsfläche, auf welcher der Gesamtkörper mittelst seiner Beine schliesslich ruht. Er zeigt trotz seiner Festigkeit eine ziemliche Beweglichkeit, der bei dem Gehen eine nicht unbeachtende Rolle übertragen ist. Die beiden Gelenke zwischen Unterschenkel und Talus und zwischen Talus und Fuss erlauben ihm Streckung und Beugung, wie Abduction und Adduction, Supination und Pronation, ohne dass diese verschiedenen Bewegungsmöglichkeiten störend auf die Festigkeit des Ganzen wirkten, was besonders dadurch erreicht ist, dass diese mannigfachen Bewegungen nicht mit einem Gelenke vollführt werden können, sondern auf die genannten beiden Gelenkverbindungen vertheilt sind.

Das Gelenk zwischen Unterschenkel und Talus gestattet nur Beugung und Streckung und ist ein Charniergelenk; der Gelenkcylinder gehört dem Talus an und wird von den beiden gabelförmig herabragenden Knöcheln umfasst und gehalten, worin sie, wie das in analoger Weise am Kniegelenke der Fall ist, durch die Seitenbänder unterstützt werden.

Die übrigen Bewegungen werden in dem Gelenke des Talus mit dem Fusse ausgeführt, das eine sehr complicirte Gestalt besitzt und, wie es scheint, aus drei Kugelgelenken zusammengesetzt ist. Sein Bau scheint noch nicht vollkommen aufgeklärt. Auch hier hält ein fester Bandapparat die Knochen in ihrer gegenseitigen Lage.

Der Fuss, der wie die Handwurzel auch aus einer, aber etwas beweglichen Mosaik von kurzen Knochen zusammengesetzt ist, stellt ein Gewölbe dar, mit der Concavität dem Boden zugekehrt, auf dem es mit nur drei Punkten ruht: mit dem Körper des Fersenbeines, mit dem Köpfchen des ersten und dem des letzten Mittelfussknochens. Die Abflachung des Gewölbes wird trotz der Gelenkverbindungen der dasselbe darstellenden Knochen durch einen Bandapparat gehindert.

Die Zehen sind die Analoga der Finger; sie dienen aber nicht wie jene zum Ergreifen und Festhalten, sondern für gewöhnlich nur zur Verlängerung

und Verbreiterung der Unterstützungsfläche des Körpers. Ihre Bewegung passt die Unterstützungsfläche den Unebenheiten des Bodens möglichst an, so dass auch auf unebenem Boden ein Feststehen ermöglicht. Ihre Beugung und Streckung verwandelt die Unterfläche des Fusses das Bedürfniss in eine ebene oder halbradartig gekrümmte Fläche, wodurch der Akt des Gehens wesentlich unterstützt.

### Die Leistungen des menschlichen Bewegungsmechanismus.

Wir haben im Vorstehenden den Bau der Bewegungsmaschine des menschlichen Organismus in seinen wesentlichsten Zügen kennen gelernt. Eine nähere Beschreibung der berührten Verhältnisse gehört nicht in die Physiologie, sondern in die Anatomie, für eingehendere Studien verweisen müssen.

Wie es bei den Beschreibungen der von der Technik benutzten Maschinen gegeben haben auch wir den Zweck der animalen Maschine bei der Betrachtung in den Vordergrund gestellt. Freilich war es uns unmöglich, auch nur einigermaßen vollkommenen Einrichtungen zu zergliedern, die sich so unendlich mannigfaltig finden, wie die Einrichtungen des menschlichen Körpers selbst. Doch haben wir ein Bild gewonnen von den gemeinen Verhältnissen, auf denen die Möglichkeit dieser vielseitigen Leistung beruht. Auch hier sehen wir die Natur mit weit einfacheren Mitteln zum Zwecke gelangen, als die Mechanik vermag.

Die Charniergelenke der Natur lassen fast alle nach den neueren Untersuchungen als Charnierbewegungen zu, besonders geringe Schraubenbewegungen, bei denen der Cylinder auf seinem Ausschnitt wie eine Schraube in ihrer Mutter abwindet. Das Ellbogengelenk bietet dafür Beispiele. MEISSNER hat nach der Methode von LAVERGNE das Gelenkende der Ulna so eingeschlagen, dass sie mit der Spitze eben in die Gelenkhöhle hineinragte. Bei den Bewegungen und Streckungen in dem Ellbogengelenk sieht man so Spurlinien auf die convexe Gelenkfläche des Oberarmknochens, die sich als eines Schraubengewindes darstellen. Der Gelenkcyylinder des Oberarmes ist die Schraube, die sich in der Schraubenmutter der concaven Gelenkfläche der Ulna befindet. Ähnlich ist es im Kniegelenke, das schon auf den ersten Blick etwas von einer schraubenartigen Einrichtung erkennen lässt.

Wie sinnreich und in der Mechanik unbenutzt sind die Befestigungen der Gelenke an einander durch Luftdruck, dessen Stärke mehr als hinreichend ist, das Gewicht der Gelenken hängenden Extremitäten zu äquilibriren, so dass die Bewegungen ohne Reibung möglich sind.

Als Hemmungsapparate der Bewegung findet sich nur am Ellbogengelenke der mechanische Sperrhaken, das Olekranon; bei allen anderen Gelenken sind die zur Befestigung der Gelenkenden dienenden Bandapparate verwendet, welche durch ihre elastischen Eigenschaften bei höheren Spannungsgraden eine weitere Ausdehnung mehr gestatten. Wie einfach ist ihr straffes Anspannen zur Hemmung erreicht; bei den Gelenken sahen wir eine leise Abweichung der Gelenkhöcker von der mathematischen Form hinreichen, die Seitenbänder bei der einen Stellung stärker, als bei der anderen zu spannen und damit gewisse Bewegungen gestatten oder verbieten, je nach dem gefordert wird in einer jeden Gelenkstellung. Wir sehen damit die Beine, scheinbar allen Regeln der Mechanik spottend, obwohl sie Tragsäulen des gesamten Körpers sein sollen, aus mehreren Abschnitten, gegen einander beweglichen Abschnitten bestehen, je nach Bedürfniss in eine feste bewegliche Stützen verwandelt oder im Zickzack gebogen, je nachdem sie zum Stehen oder zum Fortbewegen des Körpers dienen sollen.

Der Organismus wird hier, wie überall, vor der Maschine dadurch charakterisirt, dass an ihm zwar eine strenge Gesetzmässigkeit im Allgemeinen überall bethätigt finden, aber innerhalb dieser Gesetze an allen Orten die grösste Freiheit jeder individuellen Gestaltung gebend. Bei den Maschinen der Mechanik sind wir gewöhnt, die Vollkommenheit danach zu beurtheilen, wie genau nach Form, Lage, Maass die einzelnen Theile einander und dem vorgeschriebenen Plan entsprechen. In dem Organismus finden wir nirgends diesen störrischen Schematismus, der nur für oberflächliche Betrachtung zugleich Vollendung ist.

Mit einer vollkommenen Erkenntniss des Baues der Bewegungsmaschine müssen sich die Leistungen auf einfache, mechanische Gesetze zurückführen lassen.

Der Gedanke, dass die Vorrichtungen des menschlichen Körpers unter die Gesetze der Mechanik fallen, dass sie auf mechanischem Wege zu Stande kommen, ist ein schon sehr alter. Man hatte die Organismen mit Maschinen freilich sehr complicirter Art verglichen; man hatte versucht, Maschinen — Automaten —, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers ausführten, zu bauen, und zwar unverkennbar mit der wissenschaftlichen Absicht, auf diesem Wege einen Einblick in das mechanische Problem des Organismus zu erhalten. Die physiologische Physik wendete sich schon seit geraumer Zeit diesen Vorgängen zu, aber mechanischen Erklärungsweise vor allen anderen thierischen Functionen am leichtesten zugänglich schienen. Noch immer ist aber für die Mehrzahl der Bewegungen des Körpers diese Erkenntniss nicht vollkommen erreicht.

Die zwei Hauptfunctionen der Beine: als Stützen und als Bewegungsorgane des Gesamtkörpers zu dienen, sind in sehr vollkommener Weise in ihren mechanischen Verhältnissen klargestellt worden. Es sind die schon mehrfach citirten Untersuchungen der Gebrüder WEBER über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, denen wir diesen Fortschritt der Wissenschaft vor Allem verdanken.

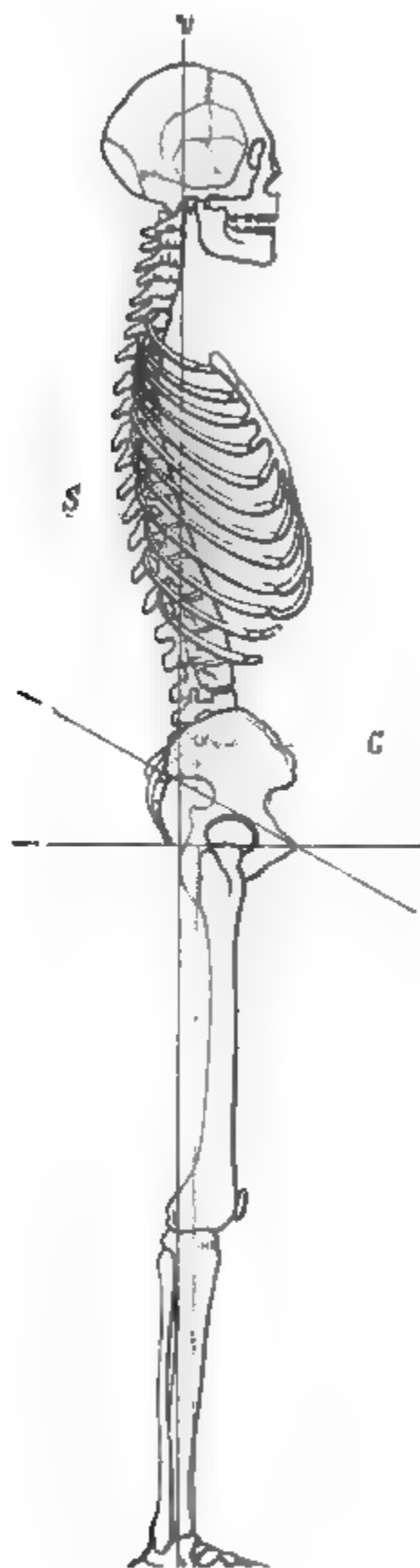
Wenden wir unsere Aufmerksamkeit zuerst auf die Mechanik des Aufrechtstehens. Es ergiebt sich aus den Untersuchungen über diesen Gegenstand, die im Anschluss an die Untersuchungen der Gebrüder WEBER vor Allem von H. MEYER ausgeführt wurden, dass zum Aufstandekommen eines natürlichen ungezwungenen Stehens fast einzig und allein die mechanischen Einrichtungen der passiv bewegten Körpertheile des Skeletes ausreichen, so dass wir dieses Stehen als die aufrechte Ruhelage des menschlichen Körpers bezeichnen können. Dass es trotzdem nicht ganz ohne Anwendung aktiv bewegender Organe — der Muskeln — möglich ist, beweist, ausser dass nur der belebte Körper aufrecht gestellt werden kann, die Ermüdung, welche nach längerem Stehen eintritt und einen Aufwand von Kraft bekundet.

Für das Stehen ist es erforderlich, dass der Oberkörper auf den als steife Stützen wirkenden Beinen im Gleichgewichte getragen wird, dass also die senkrechte Linie, welche wir durch den Schwerpunkt des Körpers zur Unterstützungsfläche herab uns gezogen denken können, die Schwerlinie, innerhalb des von den Füßen umspannten Raumes hereinfällt.

Bei dem natürlichen Stehen, bei welchem diesen Bedingungen genügt ist, bilden die Beine einen nach vorne offenen Winkel von etwa  $50^\circ$ . Die Unterschenkel sind parallel gestellt, die Oberschenkel stehen in der Verlängerung der Unterschenkel, beide bilden mit einander senkrecht stehende Säulen. Die Schwerlinie durch den Schwerpunkt des gesamten Körpers mit den Beinen, der nach ED. WEBER im Promontorium, nach MEYER im Canal des zweiten Sacralwirbels liegt, fällt nur wenig hinter die Drehaxe der Kniegelenke und nur wenig vor eine Linie, durch welche wir die Fuss-Unterschenkelgelenke mit einander verbinden können. Der Schwerpunkt des Rumpfes allein liegt nach HORNER in der Mitte des zehnten Rückenwirbels, wenn die Arme am Rumpfe herabhängen, die Wirbelsäule gestreckt und der Kopf festgestellt ist. Eine durch ihn auf die Unterstützungsfläche projicirte Schwerlinie fällt ziemlich weit hinter die Drehpunkte der Hüftgelenke, weniger weit vor die Drehaxe der Kniegelenke. Dies rührt daher, dass der Rumpf im Hüftgelenke ziemlich stark hinten übergelehnt ist.

Die mechanischen Bedingungen dieser Stellung sind folgende. Die Stellung der Hüftgelenke ist fixirt durch die Wirkung des Ligamentum ileofemorale superius. Denke

Fig. 164.



die Drehpunkte der Hüftgelenke durch eine horizontal nach links laufende Gerade verbunden diese eine Axe dar, um welche der Rumpf nach rückwärts gedreht werden kann. Der Rumpf steht nach hinten übergeneigt, die Schwere noch weiter nach hinten zu drehen bestrebt sich. Dem Drehungsbestreben wirkt das Ligamentum ileofemorale entgegen, welches sich bei der Rückwärtsdrückung spannt und diese damit über einen bestimmten Grad bei feststehenden Beinen verhindert. So wird mittelst dieses Bandes der Rumpf mit den Oberschenkeln in ein festes System, das auf den Unterschenkeln auf den Kniegelenken balancirt. Der Schwerpunkt des Rumpfes mit den Oberschenkeln fällt etwas, aber wenig, hinter die Drehaxe des Kniegelenkes, während der Streckung mit möglichst breiten Füßen führt. Es genügen nur sehr geringe mechanische Bedingungen, um dem geringen Zug der Schwere wegen der Lage der Schwerlinie die Knie zu strecken, das Gleichgewicht zu halten. Auch vor Allem Bänderspannung, die Spannung des Ligamentum ileotibiale (der Fascia lata) und des schon genannten Ligamentum ileofemorale. Das Ligamentum ileofemorale hält das Becken und die Knie in ihren gegenseitigen Lagen fest, die sich bei Beugung im Kniegelenke verändern müssen. Das Ligamentum ileotibiale spannt sich gegen eine Krümmung in ähnlicher Weise an, wie das Ligamentum ileofemorale bei der Rückwärtsbeugung des Rumpfes, so wird der Rumpf mit den Oberschenkeln in analoger Weise von diesem Bande gehalten wird.

Alle die bisher besprochenen Momente, welche den Rumpf mit den Beinen zu einem festen System verbinden, widersetzen sich der Beugung im Fussgelenke. Bei einer solchen Stellungsveränderung in den durch Bänderspannung fixirten Gelenken eintreten müssen die Beugung im Fussgelenk (Astragalusgelenk) wird die Lage der Schwerlinie des Gesamtkörpers vor das genannte Gelenk fällt, angestrebt. Ein Widerstand setzt sich die Gestalt der Gelenkflächen, die bei Beugung das vordere breitere Ende der A

gleichsweise starren bei der betrachteten Stellung. Das Gleichgewicht in den Gelenken ist auch unter allen Umständen nur ein sehr labiles; um der Stellung eine grössere Festigkeit zu geben, werden auch noch äussere Muskelkräfte zur Feststellung der Gelenke verwendet. Im Hüftgelenke ist die Stellung an sich am gesichertsten. Die Auswärtsrollung des Oberschenkel beim Stehen, das Sicherstellen gegen weitere Rotation des Rumpfes besorgt *M. gluteus maximus*. Am Kniegelenke wird die Spannung des Ligamentum ileotibiale (Fascia lata), an das sich bekanntlich der *M. gluteus maximus* inserirt, durch die Contraction dieses Muskels verstärkt, so dass seine besprochene Wirkung eine sicherere ist. In den Fussgelenken wirken die Wadenmuskeln (*Mm. gastrocnemii*) und die vom Unterschenkel zum Fuss laufenden Muskeln: *Mm. tibialis posticus*, *peronei postici*, *soleus*, einer Beugung entgegen. Wir dürfen die Wirkung dieser Muskeln nicht überschätzen. Sie haben nur die Aufgabe, bei etwa eingetretenen Störungen der an sich durch das Skelet mit seinen Bändern gegebenen Gleichgewichtslage der einzelnen Körperabschnitte zu einander die Balance herzustellen. Das ungezwungene Stehen ist durch die mechanischen Einrichtungen des Körpergerüsts fast allein schon möglich gemacht.

Wie es uns möglich war, die Mechanik des Stehens abgesehen von eingehender Betrachtung der aktiv auf das Skelet wirkenden Kräfte zu verstehen, so wird uns das auch bei der wichtigeren Körperfunktion, auf welcher mechanische Hauptleistungen des menschlichen Körpers beruhen, gelingen, bei der Darstellung der Mechanik des Gehens und der anderen Bewegungen.

Wir verstehen nach den Untersuchungen der Gebrüder WEBER unter natürlichem Gehen diejenige Gangart, bei welcher mittelst seiner unteren Extremitäten mit möglichst geringem Kraftaufwande der menschliche Körper nahezu horizontal über einen ebenen Boden mit gleichbleibender Geschwindigkeit fortgetragen wird.

Hierbei wirken verschiedene Kräfte auf den Körper, von denen die einen beschleunigend, andere verzögernd wirksam werden. Die erste ist die Schwerkraft, welche die vergeblich vorwärts gerichtete Geschwindigkeit beschleunigt, und die durch eine Kraft, welche in der entgegengesetzten Richtung den Körper stützt, äquilibrirt werden muss, um den Rumpf weder steil nach hinten sinken zu lassen. Die andere ist der Luftwiderstand, der die Bewegungen in der Richtung verzögert. Die dritte ist die Streckkraft des Beines, welche nicht nur den Widerstand überwindet, sondern auch die ganze Masse des Körpers vorwärts schiebt. Die Bewegung eines Kahnens mit Hilfe einer Ruderstange auf stehendem Wasser kann uns ein Bild für einen Theil der Bewegungen abgeben. Der Schwerkraft, welche auf den Kahn wirkt, wird durch das Wasser das Gleichgewicht gehalten; bei dem Gehen übernimmt diese Rolle abwechselnd das eine Bein, auf das sich der Körper stützt. Die Ruderstange wird gegen den Boden angestemmt mit einer bestimmten Kraft, welche genügt, den Kahn fortzubewegen; diesen Theil der Arbeit übernimmt stets das zweite Bein, das gerade nicht zur Arbeit dient. So ist das Gehen je aus drei Abschnitten zusammengesetzt: aus zwei aktiven, dem Vorwärtsschieben und Fortstossen, und aus einem passiven, der darin besteht, dass die Extremität, die eben nicht zum Fortstossen benutzt wird, sich durch gewisse Stellungsveränderungen der Thätigkeit vorbereitet.

Das Mittel zur Ausführung der Bewegung ist die Streckung zweier in entgegengesetzter Richtung gebogener Gelenke, des Kniegelenkes und des Fussgelenkes, wodurch aus einem im Bogen gebogenen ein gerader, also wesentlich längerer Stab erzeugt wird: auf dieser plötzlichen Verlängerung beruht das Vorwärtsschieben des Rumpfes (Fig. 162). Der Körper würde nach hinten fallen, wenn nicht gegen Ende der Projection die zweite Extremität als Stütze sich gegen das Fallen unterstellen würde. Beide Extremitäten wechseln mit dem Tragen und Bewegen der Last ab. Da das Vorwärtsschieben stets nur von einem Beine aus erfolgt, also etwas von einer Seite her, so würde der Stoss den Körper nicht nur vorwärts, sondern auch etwas zur Seite bewegen, wenn nicht stets der Arm auf der Seite des fortbewegenden Beines vorwärts fiele und damit den Schwerpunkt etwas nach dieser Seite schiebe.



Fig. 162.

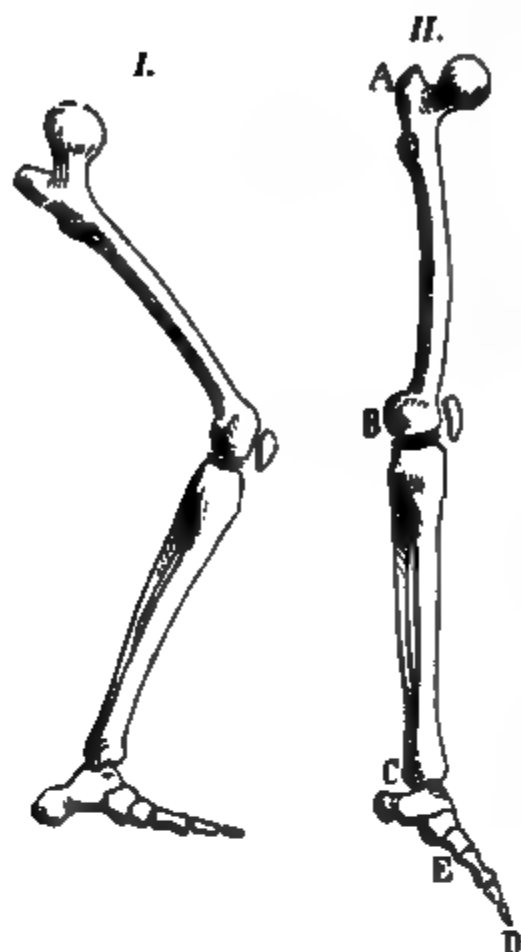
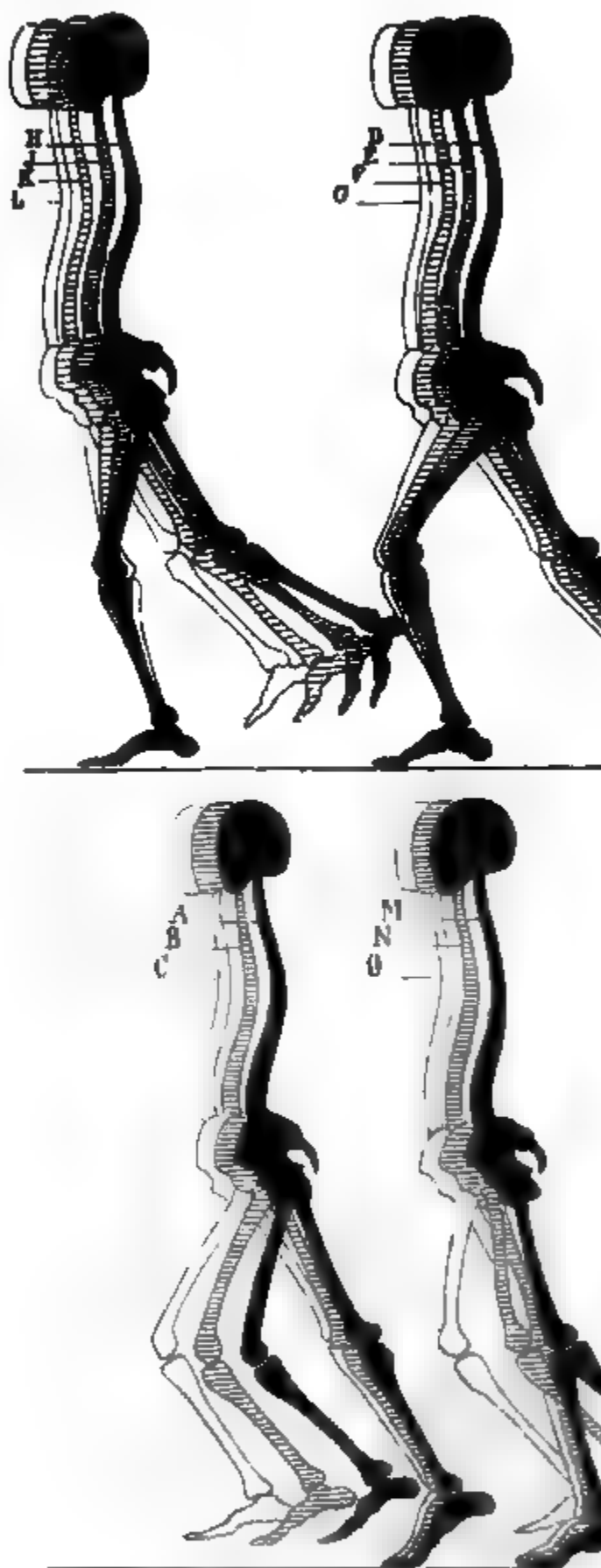


Fig. 163.



Bei dem Gehen schwebt stets ein Bein am Rumpfe hängend in der Luft — das passive Bein —, während das andere — das aktive — auf den Boden angestemmt ist.

Es gibt bei jedem Schritt einen Moment, wo das eine Bein senkrecht etwas gebeugt unter dem Schwerpunkt des Rumpfes steht; das andere Bein steht dann ziemlich weit nach hinten und zwar vollkommen in allen seinen Gelenken gestreckt, und berührt nur noch mit den Zehenballen — den Metatarsusköpfchen — den Boden. Es bilden so die beiden Beine mit dem ebenen Boden, auf dem sie stehen, etwa ein rechtwinkeliges Dreieck. Die Hypotenuse stellt das schief nach hinten, die eine Kathete das senkrecht unter dem Schwerpunkt stehende Bein, die andere die Verbindungslinie der beiden Beine am Boden dar.

Das senkrecht stehende Bein A hat bei dem nun folgenden Schritt die Projection des Körpers

Stellt nach Wernz die gleichzeitige Lage eines Beines (raum eines Schrittes) dar. Der Uebersicht wegen sind in 4 Gruppen getrennt worden. Die erste Gruppe DEK verschiedene Lagen dar, welche beide Beine, während dem Boden stehen, gleichzeitig erhalten; die zweite Gruppe die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit, wenn das aufgehobene Bein hinter dem stehenden weilt, erhalten; die dritte Gruppe: MNO die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit annehmen, wenn das schwingende Bein überholt; die vierte Gruppe ABC die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit erhalten, wenn das Bein dem stehenden weit vorausgeschleift ist. An diese Stelle tritt sich zum zweiten Schritt wieder die erste Gruppe: A

übernehmen. Es nimmt dazu eine etwas nach vorwärts geneigte Stellung ein und verlängert sich durch Streckung in seinen Gelenken. Der Körper würde dadurch nach vorwärts rücken müssen, wenn nicht das andere Bein *B* sich aus seiner Lage gleichfalls entfernt hätte und so weit vorgerückt wäre, dass es nun senkrecht, etwas gebeugt, unter den Schwerpunkt stehen käme. Es übernimmt damit die Thätigkeit, welche eben das Bein *A* verrichtete, und ein neuer Schritt beginnt. In dem Augenblicke der höchsten Streckung des Beines *A* löste sich nämlich *B* vom Boden vollkommen los, vermittelt einer leichten Beugung in seinen Gelenken etwas verkürzt, und machte eine Pendelschwingung im Hüftgelenke nach vorwärts bis senkrecht unter den Körperschwerpunkt, dessen Stütze es nun darstellen muss. \*) In dem Strecken des projecirenden Beines *A* wird, wie angegeben, nicht nur das Knie-, sondern auch das Fussgelenk gestreckt; dadurch wird die Ferse vom Boden abgehoben, die Last ruht dann einen Augenblick nur noch auf den Zehenballen; endlich erheben sich auch diese, so dass vor dem Beginn der Pendelschwingung das Bein nur noch mit dem Ballen der grossen Zehe den Boden berührt. Die Gebrüder WEBER vergleichen dieses Abwickeln des Fusses vom Boden mit der Bewegung des Fortrollens eines Rades (Fig. 468).

Das passive Bein macht also, während das aktive die Projection ausführt, eine Pendelschwingung nach vorwärts. Es ist dieses Faktum von besonderer Wichtigkeit, da diese Vorwärtsbewegung des passiven Beines, um als Unterstützung zu dienen, demnach ganz ohne Aufwand von Muskelkräften geschieht. Dadurch werden zwei Vortheile zugleich erreicht, eine bedeutende Kraftersparniss und eine vollkommene Regelmässigkeit der Schritte. Da das Gewicht des Beines durch den Luftdruck im Hüftgelenke fast äquilibrirt ist, so kann es ununterbrochen ziemlich vollkommene Pendelschwingungen ausführen. Wir sehen in Folge davon die Schritte unter dem Einfluss der Pendelgesetze vor sich gehen: die Pendelschwingungen nehmen mit der Kürze des Pendels an Schnelligkeit zu, ebenso die Schwingungen der Beine, so dass sich daraus die gravitatischen Gehbewegungen grosser Personen erklären, wie die geringere Beweglichkeit der kleinen.

Die Schrittlänge ist, wie sich aus directer Anschauung ergibt, um so bedeutender, je tiefer das aktive Bein vor Beginn seiner Projectionsthätigkeit gebeugt war, also je tiefer der Rumpf beim Gehen getragen wird. Auch die Fusslänge ist von Einfluss, da sich bei jedem Vorgang der Abwicklung des Fusses vom Boden vor dem Eintritt der Pendelschwingung die Fusslänge der Schrittlänge hinzuaddirt. Je länger der sich abwickelnde Fuss ist, eine desto grössere Länge wird dem Schritte dadurch hinzugefügt.

Wir sahen, dass es einen Zeitpunkt gibt, während dessen beide Beine bei dem Gehen den Boden berühren. Dieser Zeitraum kann bei dem geschwindesten Gehen fast vollkommen zu Null werden, so dass der gestreckte Fuss in demselben Augenblicke zu pendeln beginnt, in welchem der andere nach seiner Schwingung niedergesetzt wurde.

Die Streckung des aktiven Beines ist selbstverständlich nur vermittelt äusserer, auf das Gelenk wirkender Kräfte möglich. Sie werden durch den vierköpfigen Streckmuskel des Knies und durch den Wadenmuskel und *Musc. soleus*, die den Fuss strecken, ausgeführt. Bei der Beugung des Beines, um die Pendelschwingung möglich zu machen, wirkt wieder der Beugemuskel, der das Knie etwas beugt.

Der Rumpf, welchen der Luftwiderstand stets in seiner Vorwärtsbewegung verzögert, wird etwas nach vorwärts geneigt, und zwar um so mehr, je rascher die Gangbewegung ist.

Das militärische Gehen ist von dem natürlichen Gehen sehr verschieden; der Marschschritt ist eine Turnübung, bei welcher möglichst alle Beinmuskeln in Uebung und Thätigkeit versetzt werden; bei ihm findet kein Pendeln des »passiven« Beines statt, alle Bewegungen beider Beine werden absichtlich mit Aufwand von Muskelkraft ausgeführt.

\*) (Nach MAREY's graphischen Messungen ist diese Pendelschwingung nur bei sehr rascher Bewegung eine annähernd regelmässige, bei langsamem Gang ist dagegen die Geschwindigkeit des passiven Beines eine gleichförmige, was auf gleichzeitige Muskelthätigkeit schliessen lässt. Ist das vielleicht nur bei den militärischen Schritten der Fall?)

H. MEYER hat die Mechanik des Sitzens mit Rücksicht auf die für die Gesundheitswichtige Schulbankfrage einer genaueren Analyse unterzogen. MEYER nennt eine Linie, mit welcher wir die beiden Sitzbeinhöcker verbinden können, Sitzhöckerlinie. Diese Linie ruht zunächst immer bei dem Sitzen auf dem Sitze auf. Um dem Sitze Festigkeit zu verleihen, stützt sich der Körper ausser auf die Sitzhöckerlinie noch auf zwei Punkte, welche entweder vor oder hinter der betreffenden Linie liegen. Je nach der Lage dieser accessorischen Berührungspunkte vor oder hinter der Sitzhöckerlinie wird die Schwerlinie des Rumpfes entweder vor oder hinter diese Linie fallen. MEYER unterscheidet darnach zwei Sitzarten, die eine als vordere, die andere als hintere Sitzlage. Bei der vorderen Sitzlage ruhen die beiden Sitzbeinhöcker, Tubera ischii, sind an ihrer Oberfläche, mit der sie auf dem Sitze ruhen, convex gekrümmt, so dass der Oberkörper auf ihnen wie ein Schaukelpferd auf seinen Kufen sich vor- und rückwärts rollen kann. Bei der vorderen Sitzlage ruhen ausser auf der Sitzhöckerlinie auch noch die Schenkel auf dem Sitze auf, es entsteht dadurch eine (viereckige) Basis für den Rumpf. Bei dem Sitzen auf niedrigen Schemeln beruhen die Schenkelunterflächen den Sitz nicht, hier bilden die Füße, wo sie den Boden berühren, accessorischen Stützpunkte; auch auf diese Weise entsteht eine breite (viereckige) Basis. Die Schwerlinie fällt dabei normal stets vor die Sitzhöckerlinie, der Rumpf neigt sich um so mehr, je niedriger der Sitz ist. Seine aufrechte Stellung muss durch Muskeln erhalten werden, bei übermüdeten Personen fällt bei dieser Sitzlage der Kopf schliesslich auf die Kniee (Nicken der im Sitzen Schlafenden). Die Muskeln, welche das Vorfallen des Kopfes verhindern, welches schon in etwas die Reibung der Sitzhöcker auf ihrer Unterlage erschwert, vorwiegend sind die gespannten Beugemuskeln des Kniegelenkes, welche vom Tuber ischii entspringen. Ihre Betheiligung ist mehr passiv. Die Kürze dieser Muskeln verhindert bei gestreckter Haltung des Unterschenkels eine stärkere Vorbeugung im Hüftgelenke; noch stärker wirkt die Schwere der Beine in diese Richtung ein Uebereinanderschlagen der Beine. Aktiv halten den Rumpf die Streckmuskeln im Hüftgelenke aufrecht, deren Ermüdung wir auch bei längerem Sitzen sehr bald fühlen. Allem fühlen.

Die durch anhaltendes Sitzen erfolgenden Störungen sind für die Gesundheit sehr nachtheilig. Allem die daraus entstehende Neigung zu Verkrümmung der Wirbelsäule (Skoliose) ist bei der vorderen Sitzlage wird, am stärksten bei muskelschwachen, jugendlichen Individuen zu beobachten. Die Wirbelsäule concav nach vorne gebeugt. Diese Beugung kann entweder aktiv durch Streckung der Streckmuskeln des Rumpfes vermieden werden, die bei Geradesitzen darum sehr leicht ermüden, oder passiv, indem wir dem Rumpfe eine stützende Unterlage durch Aufstützen der Ellbogen auf eine hohe Stuhllehne oder den Tisch ertheilen. Ist der Stuhl sehr niedrig oder der Tischrand hoch, so müssen zum Zwecke des Aufstützens die Schultern sehr hoch gehoben werden. Man stützt sich dann wohl nur mit einem (dem rechten) Ellbogen auf den Tisch, die linke Schulter bedeutend gehoben wird, während der andere Ellbogen herabsinkt und die linke Schulter herabsinkt. Es leuchtet ein, wie durch eine solche einseitig schiefe Haltung bei jugendlich bildsamem Knochengerüste, eine seitliche Wirbelsäulenverkrümmung entstehen muss; die Wirbelsäule ist bei der betreffenden Haltung nicht unbedeutend nach rechts ausgebogen.

Die (natürliche) hintere Sitzlage benutzt als hinter der Sitzhöckerlinie einen accessorischen Stützpunkt die Spitze des Kreuzbeins. Dabei bekommt der Rumpf eine bedeutende Beugung nach hinten. Wollen wir in dieser Sitzlage an einem Tische

h langem Sitzen. Die kurze Rücken- (Kreuz-) Lehne lässt die betreffenden Muskeln möglichst wenig ermüden. Sie gestattet dabei die grösste Beweglichkeit des Rumpfes und ein weiliges Aufstützen der Ellbogen, um auch die Wirbelsäulenmuskulatur ausruhen zu lassen. Die hohe gerade Lehne ist unzweckmässig, weil sie den am meisten stützbedürftigen Theilen des Rumpfes keine Unterstützung gewährt; es tritt bei Ermüdeten ein (nach vorne gebeugtes) Zusammenknicken der zwischen den weit aus einander liegenden Stützpunkten liegenden Theile der Wirbelsäule ein, in vielen Fällen mit einer Tendenz zum nach vorne Beugen.

MEYER räth, vor Allem die (künstliche) hintere Sitzlage mit Benutzung der Rückenlehne zum Sitzen an Arbeitstischen und Schulbänken zu verwenden. Es muss aber der Stuhl dem Tische sehr nahe stehen, und letzterer so niedrig sein, dass eine Erhebung der Schulter ein Auflegen der Ellbogen gestattet. Auf diese Weise würde einer der Hauptgründe für an der Schulbank erworbene Wirbelsäulenverkrümmungen weg-

bleibt nicht nur die Wirbelsäulenverkrümmung, auch andere Leiden können, namentlich bei schlank gebauten Körpern, durch übermässig langes Sitzen hervorgerufen werden: Verringerte Thätigkeit der Brust und des Zwerchfells bei der Athmung wird beim Sitzen eine erhöhte, Congestionen zu den Bauch- und Beckenorganen bilden sich aus, die Muskeln, namentlich die der unteren Extremitäten, werden erschlaft u. v. a. Bewegung in Zwischenstunden, Einschleichen von Turnstunden zwischen Lehrstunden, bei welchen Sitzen vorzuziehen ist, sind für Schulen vom hygieinischen Standpunkt energisch zu empfehlen.

Übermässig lange stehend zu arbeiten, zu schreiben u. a. bringt bei Kindern andere, aber weniger bedenkliche Störungen wie das Sitzen im Körper hervor: Schiefstellung des Kopfes und der Schulter, venöse Stauung in den Beinen u. a. (cf. unten Turnen Cap. XIX).

**Arbeitsleistung durch Gehen.** — Offenbar ist die Ortsbewegung die wichtigste mechanische Thätigkeit des Körpers, ihr ist die Hauptsumme der Organe, die Hauptmasse des gesunden Körpers gewidmet. Staunenswerth ist die Einfachheit des Bewegungsprincipes, der Hilfsmittel, durch welche so kraftvolle und rasche Bewegungen ausgeführt werden können mit so geringem Aufwande äusserer Bewegungskräfte. Die Glieder des Menschen sind für die Ortsbewegung so vollkommen eingerichtet, dass der Mensch nach Versuchen keine andere Art der Krafterzeugung mehr zu leisten vermag, als durch ihre Benutzung zum Zweck. So wird uns das überraschende Resultat der Tabelle klar, mit der wir in den Besprechungen dieses Capitels begannen, dass der Mensch am Tretrade so weit mehr zu leisten vermag, als an der Kurbel. Im ersteren Falle ist die Arbeit vorzüglich den Extremitäten übertragen, und zwar leisten sie diese in der für sie am vortheilhaftesten bekannten Weise der Lokomotion des Körpers.

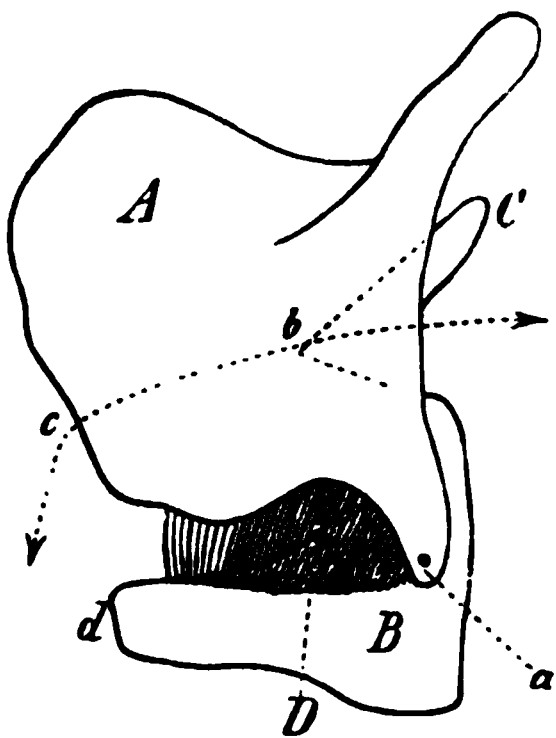
Es ist nicht schwer, sich einen Begriff davon zu machen, in welcher Weise durch Ortsbewegung des Körpers Arbeit geleistet wird. Nehmen wir z. B. an, ein Mann von 70 Kilogramm Körpergewicht habe einen Berg von 2000 m erstiegen, so heisst das offenbar nichts weiter, als dass er sein Gewicht von 70 Kilogramm auf die angegebene Höhe gehoben hat, d. h. er hat 140 000 Kilogramm-meter Arbeit geleistet. Diese Arbeitsgrösse würde auf das Doppelte steigen, wenn er eine Last, die seinem Körpergewicht gleich wäre, mit sich auf dem Rücken emporgetragen hätte; sie würde seine Arbeitsleistung an der Kurbel weitaus übersteigen: 484 320 : 280 000. Bei der Leistung im Tretrade kommt noch eine Arbeit der Extremitäten hinzu, wodurch dieselbe so hoch gesteigert wird: 345 600. Die Gebrüder Fick geben eine Formel an, nach der die bei dem Gehen auf horizontalem Wege geleistete Arbeit für einen erwachsenen Körper berechnet werden kann. Darnach berechnete ich für einen Mann die Arbeitsleistung für eine Stunde Weges auf horizontalem Boden auf 25 000 Kilogramm-meter. In 8 Gehstunden würden somit etwa 200 000 Kilogramm-meter Arbeit durch die Ortsbewegung des Körpers geleistet, etwa die gleiche Grösse, wie sie in der citirten Tabelle von GÖPEL verzeichnet ist.

### Die Wirkung der Stimmbänder.

Das Vermögen, artikulierte Laute und musikalische Töne hervorberuht wie die im Vorigen besprochenen Leistungen wesentlich auf veränderungen von (knorpeligen) Skelettheilen.

Das Stimmorgan, das musikalische Instrument des Menschen, ist kopf. Sowohl Beobachtungen an lebenden Menschen als an ausges Kehlköpfen zeigen, dass die Stimme in der Stimmritze gebildet findet sich eine Oeffnung in der Luftröhre eines Menschen oder mach solche bei einem Säugethier zum Behuf des Versuches, so kann kei mehr gebildet werden; diese Fähigkeit kommt zurück, sowie man di verschliesst. Eine Oeffnung über der Stimmritze hebt dagegen die Sti vollkommen auf; der Kehdeckel, die oberen Stimmbänder können f

Fig. 164.



Seitenansicht des Kehlkopfs. A Schildknorpel. B Ringknorpel, C rechter Giessbeckenknorpel; b sein Stimmfortsatz, b c Stimmband. Der Zug auf den Schildknorpel in der Richtung des Pfeiles c spannt das Stimmband an, wenn die Giessknorpel fixirt sind. Ist ersteres fixirt, so kann auch der Zug in der Pfeilrichtung b das Stimmband spannen. a Drehungsaxe des Ringknorpels. D *Musc. cricothyreoidens*.

doch ist noch Stimme vorhanden. Leg Stimmritze an lebenden Thieren bloss man sich leicht davon überzeugen, dass ren Stimmbänder, welche die Stimm schliessen, bei dem Tonangeben in Sch gerathen. Die Entdeckung des Kehl k gels erlaubt es, die Stimmbänder im normalen Organismus während ihrer zu beobachten; man erkennt, dass s Stimmgeben Schwingungen machen, der Stärke und Höhe des Tones an Int Geschwindigkeit verschieden sind. bei tieferen Brusttönen sind ihre Sch sehr ausgiebig; so oft ihre Bänder i schlagen, wird die Stimmritze gan geschlossen.

Nach JOHANNES MÜLLER's bei den Gelehrten allgemein angenommener l die unteren Stimmbänder (Lig. thyreoar inferiora) vermittelt ihrer Schwingung unter der Wirkung des Ex-, unter auch des Inspirationsluftstromes von ihr elastischen Kräften getrieben ausfü

eigentlich Wesentliche bei der Tonerzeugung. Es ist der Kehlkopf branöses Zungenwerk, die Stimmbänder sind die elastischen Zungen ein genügend starker Luftstrom gegen diese Zungen geblasen, so diese in Schwingungen, welche zur Tongebung Veranlassung werd

Diese Stimmbänder sind, mit der hier Pflasterepithel tragende haut des Kehlkopfes überzogen, zwischen dem Schildknorpel und beckenknorpeln ausgespannt. Die Spalte, welche sie von einander tr nur in ihrem vorderen Theil als eigentliche Stimmritze (*Glottis vocali* net; der Theil der Spalte, welcher sich zwischen die beiden Giessbecl

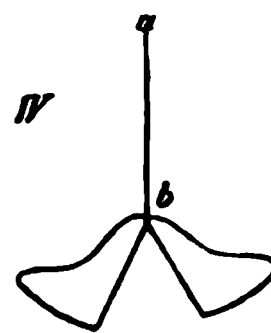
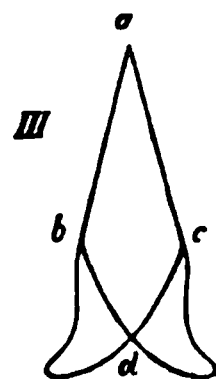
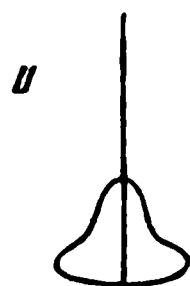
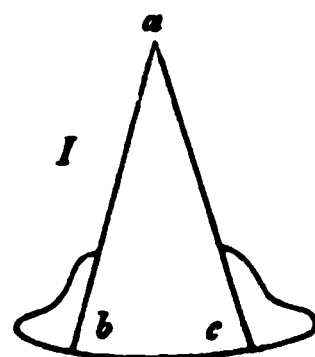


t, trägt den Namen *Athemritze* (*Glottis respiratoria*), Bezeichnungen der Function der einzelnen Abschnitte gewählt.

Die Länge und Spannung der Stimmbänder hängt von der Stellung ihrer beiden Ansatzpunkte ab, welche durch Stellungsverschiedenheiten des Schildknorpels gegen den Ringknorpel verändert werden kann. Durch Drehung um eine Queraxe der Giessbeckenknorpeln kann der vordere Theil des Schildknorpels dem vorderen Theile des Ringknorpels mehr oder weniger genähert werden, wodurch sich der obere Rand an welchen die Stimmbänder sich ansetzen, nach hinten bewegt und die Bänder so mehr an- oder abgespannt werden können. Die Giessbeckenknorpel drehen sich um eine auf die Drehungsaxe des Schildknorpels senkrechte Linie, sie entfernen dadurch die hinteren Ansätze der Stimmbänder mehr oder weniger von einander und bestimmen hauptsächlich die Form der Stimmritze.

Die Stellungsveränderungen des Schildknorpels (Fig. 165) werden durch die *Musc. cricothyreoidei*; sie spannen, wenn die Ringknorpel festgestellt sind, die Stimmbänder durch Abziehen des oberen Randes des Schildknorpels in die Richtung gegen den Ringknorpel. In den Stimmbändern verlaufen die *Musc. thyreoarytaenoidei*, sie setzen sich am vorderen Rande des Giessbeckenknorpel an und wirken somit, indem sie die vordere Kante des Schildknorpels nach hinten ziehen, in entgegengesetzter Richtung, sie spannen die Stimmbänder durch Verkürzen sie durch ihre eigene Contraction. Dabei können auch eine ungleiche Spannung der Stimmbänder eintreten, da ein Theil der Fasern am Stimmbande entspringt. Bei der Contraction werden die Theile des vorderen Randes abgespannt werden, in denen solche Fasern verlaufen, die anderen dagegen angespannt. Ihr Ansatz am vorderen Rande des Giessbeckenknorpel ist so, dass ein Theil ihrer Fasern am vorderen Rand derselben umgreift; bei der Contraction werden demnach die äusseren Kanten nach innen gezogen; die inneren Ränder (*Proc. vocales*) stossen endlich zusammen, so dass die eigentliche Stimmritze nun vollkommen offen ist, während die Athemritze eine dreieckige Oeffnung bildet, mit der Stimmritze gegen die Stimmritze zugewendet (No. IV). Analog wirken die *Musc. thyreoarytaenoidei laterales*, welche die *Proc. musculares* der Giessbeckenknorpel nach abwärts, vorn und aussen ziehen, so dass die *Proc. vocales* gegen einander gerückt werden. Im entgegengesetzten Sinne wirken die an dem unteren Ende (dem *Proc. muscularis*) der Giessbeckenknorpel angreifenden *cricoarytaenoidei postici*; sie ziehen die äusseren Ränder nach hinten auswärts, nähern die beiden *Proc. musculares* einander, bis sie zusammenstossen, ziehen damit die beiden *Proc. vocales* von einander ab, so dass dadurch die Stimm- und Athemritze eine gemeinsame weite, rautenförmige Oeffnung bildet (No. III). Ein vollkommener Verschluss der Athem- und Stimmritze,

Fig. 165.



z. B. vor dem Husten, wird durch die gleichzeitige Wirkung der Thyrenoidei und der Interarytaenoidei, des Transversus und des Obliquus gebracht, indem sie die ganze Pyramide der Giessknorpel zusammenziehen, dass gleichzeitig Muskel- und Stimmfortsätze einander genähert werden.

Nach JELENEFFY zerfällt der *Musc. cricothyreoideus* in drei Componenten, welche die Stimmblätter spannen. Die erste durch Hebung des Ringknorpels nach oben und hinten; die zweite zieht dabei den Ringknorpel zurück, dagegen den Schildknorpel nach oben; die dritte fixirt bei gleichzeitiger Wirkung beider Hälften den Ringknorpel und die Platten der *Cart. thyreoidea*, wenn letztere durch den *M. thyreo-hyoideus* festgehalten werden.

Im falschen Stimmband findet RÜDINGER einen eigenen Muskel: Taschenbandmuskel: *M. ary-epiglotticus* oder unterer Giessbecken-Muskel. RÜDINGER schreibt ihm Stellungsveränderungen der MORGAGNI'schen Tasche damit Einfluss auf die Wirkung des Resonanzraums des Kehlkopfes zu. An einem Thier reizte er den Taschenbandmuskel und fand, dass durch ihn die Tasche selbständige Bewegungen ausführen können nach ein- und abwärts, wodurch der Kehlkopf den MORGAGNI'schen Ventrikel verengert, die Tasche selbst durch Entfernung der Tasche von der lateralen Wand erweitert wird.

Das menschliche Stimmorgan gehört seiner akustischen Einrichtung nach zu den Windinstrumenten. Im Kehlkopf sind die unteren Stimmblätter als membranöse Zungen durch das Trachealrohr gespannt, Bronchien, Luftröhre und der untere Theil des Kehlkopfes fungiren als »Windrohr« des Instrumentes, durch sie wird den membranösen Zungen ein Luftstrom zugeleitet, der sie in Schwingungen versetzt. Der obere Theil des Kehlkopfes, die Rachen-, Mund- und Nasenhöhle dienen als »Ansatzrohr«.

Die Tonerzeugung in den Zungenwerken (HELMHOLTZ) geschieht dadurch, dass ein Luftstrom elastische Platten oder Bänder in schwingende Bewegungen versetzt, wobei sie die Oeffnung, in der sie befestigt sind, bald schliessen, bald frei lassen. Die Zungen sind dabei nur die Veranlassung, nicht die Ursache des entstehenden Tones. Sie zerlegen den Luftstrom, der ohne sie ununterbrochen gegangen wäre, in eine Reihe periodisch wiederkehrender Bewegungen, durch die unser Ohr den Eindruck des Tones erhält. Man kann die Einrichtung der membranösen Zungen am einfachsten an hölzernen Röhren, deren Ende man von zwei Seiten her in der Weise schräg abgeschnitten hat, dass zwei eckige winkelige Spitzen zwischen den beiden Schnittflächen stehen bleiben. Ueber die beiden Oeffnungsflächen spannt man je ein Streifen vulkanisirten Kautschuks und befestigt sie mit Fäden, zwischen beiden elastischen Streifen bleibt ein feiner Spalt. Biegen sich die Zungen nach innen, so verschliessen sie, biegen sie sich nach aussen, so öffnen sie sich. Zwei musikalische Instrumente der Art sind die menschlichen Lippen beim Spielen der Blechinstrumente und der menschliche Kehlkopf im Gesang und bei der Lautbildung. Die Lippen sind beim Anblasen der Blechinstrumente als schwache Zungen mit viel unelastischem Gewebe belastete membranöse Zungen zu betrachten, die isochronisch und hältnissmässig sehr langsam schwingen würden. Der Kehlkopf entspricht im Allgemeinen dem oben erwähnten Modell, doch haben seine beiden Zungen, die Stimmblätter, den künstlichen den Vorzug voraus, dass die Weite ihres Spaltes (Stimmritze), sowie die Spannung und selbst ihre Form willkürlich ausserordentlich sicher und schnell geändert werden kann. Dazu kommt noch die grosse Veränderlichkeit des durch die Mundhöhle gebildeten Ansatzrohres, so dass eine viel grössere Mannigfaltigkeit von Klängen durch sie gebracht werden kann, als durch irgend ein einfaches künstliches Instrument. Die willkürliche Veränderung der Spannung der Stimmblätter verändert und bestimmt die Höhe des Tones. Die mit dem Kehlkopf verbundenen Lufthöhlen können den Ton der Stimmblätter nicht wesentlich verändern, auch das Ansatzrohr der Mundhöhle ist dazu zu kurz und meist geschlossen. Durch willkürliche Spannung der in den Stimmblättern gelegenen Muskeln scheint auch die Dicke der Stimmblätter sich verändern zu können. Nach unten

entlich elastischen Theil der Stimmbänder liegt noch viel weiches, unelastisches Gewebe, welches wohl bei der Bruststimme als Belastung der elastischen Bänder eine Rolle spielt und die Schwingungen verlangsamt. Die Fistelstimme entsteht wahrscheinlich umgekehrt durch, dass die Ränder der Stimmbänder freier und schärfer werden, indem die unter ihnen gelegene Schleimhautmasse zur Seite gezogen wird. Dadurch wird das Gewicht der schwingenden Theile vermindert, die Elasticität bleibt dieselbe. Die Rauheit der Stimme bei Erkältung rührt von Schleimflöckchen her, welche in den Spalt der Stimmritze kommen und den Verschluss und die Schwingungen der Stimmbänder unregelmässig machen. Dem Modell ist leicht zu demonstrieren, dass die Entfernung der membranösen Zungen, berechnend der Weite der Stimmritze, von Einfluss ist auf die Möglichkeit, Töne hervorzubringen. Nur wenn die Spalte eng ist, gelingt die Tonerzeugung leicht, bei weiterem Spalte wird das »Anblasen« verstärkt werden. — Die HELMHOLTZ'sche Lehre von den Tönen und Tönen cf. bei Gehörsinn.

In Beziehung auf die Schwingungen der gespannten Stimmbänder walten, wie aus dem Modell sich ergibt, im Allgemeinen dieselben Gesetze, die sich bei gespannten Saiten beobachten lassen. Wie bei letzteren ist die Schwingungszahl der Länge und dem Durchmesser umgekehrt proportional, sie ist direct proportional der Quadratwurzel des spannenden Gewichtes oder der Spannung, und umgekehrt proportional der Quadratwurzel der Dichtigkeit. Bei Saiten von verschiedenen Durchmessern und Dichtigkeiten gilt das Gesetz, dass die Schwingungszahl der Quadratwurzel des Gewichtes der Saite umgekehrt proportional ist. Stärkeres Anblasen steigert bei den membranösen Zungen die Tonhöhe (J. MÜLLER), da durch grösseren Exkursionen, welche die schwingenden Platten ausführen, ihre Spannung erhöht wird.

Die Quantität der Bewegung, welche die schwingenden Stimmbänder selbst der Luft mittheilen, ist zu gering, als dass sie als Schall beobachtet werden könnte. Es sind, wie oben bemerkt, die rasch sich folgenden periodischen Luftbewegungen, die wir vernehmen. Die schwingenden Saiten müssen, wenn sie als Tonquelle benutzt werden sollen, mit Körpern von grosser Oberfläche, Resonanzboden, verbunden werden, die ihre an sich zu schwachen Schwingungen aufnehmen und der umgebenden Luft mittheilen. Daher wird das Tönen der Saiten des Klaviers, der Guitarre oder Violine hauptsächlich von dem Resonanzboden des Instruments bestimmt.

Das Material der Zungen beeinflusst die Klangfarbe der durch sie erzeugten Klänge wesentlich. Hartes, unnachgiebiges Material, wie das der Messingzungen, lässt die Luftstösse sehr abgerissen hervortreten, als weiches, nachgiebiges. Je kürzer die Luftstösse, je höher sie eintreten, desto mehr hohe, dissonirende Obertöne treten hervor. Hierin liegt wahrscheinlich hauptsächlich der Grund, warum vor allen Klängen von Zungenpfeifen die reinlichen Gesangstöne gut gebildeter Kehlen sich durch Weichheit auszeichnen. Doch besonders bei angestrengtem Forte auch bei der menschlichen Stimme eine sehr grosse Anzahl hoher Obertöne auf (cf. Vokale). Wesentlich verändert wird der Klang der Zungen durch Ansatzröhren. Freie Zungen haben einen scharfen, schneidenden Klang, man hat ein Gedächtnis an dissonirende Obertöne bis zum sechzehnten, zwanzigsten und höher hinauf. Durch das Ansetzen eines Ansatzrohres treten diejenigen Obertöne, welche eigenen Tönen des Ansatzrohres entsprechen, beträchtlich verstärkt hervor, die übrigen werden weniger hörbar, ihre Wirkung tritt zurück oder verschwindet.

### Die Klangbildung im Stimmorgane.

Zur Hervorrufung musikalischer Schwingungen der Luft bedürfen die Stimmbänder vor Allem eine gewisse Spannung; wie ungespannte musikalische Instrumente geben sie ausserdem keine Töne, sondern nur Geräusche von sich. Der Grad der Spannung, sowie die Länge der schwingenden Membran bedingen die Höhe des erzeugten Tones, wobei auch die Stärke des Anblasens mitwirkt. Bei

übermässig hohen, von dem Kehlkopf erzwungenen Tönen bedarf es vorruffung dieses letzten Mittels, so dass diese nur forte angegeben können. Da das Anblasen um so stärker werden kann, je enger die Stimmritze ist, so zeigt sich diese bei den hohen und höchsten Tönen verengt, die Stimmritze geschlossen. Der Luftdruck in der Luftröhre nimmt mit der Tonhöhe zu (CAGNIARD-LATOUR). Die Stimmbänder können zur Erzeugung höherer Töne verkürzt werden, wie sich aus den Besprechungen der Muskelwirkung ergibt. Je kürzer die Stimmbänder an sich sind, desto höher ist die natürliche Tonhöhe des Kehlkopfes, so haben Kinder und Frauen, da sie einen kleineren Kehlkopf haben und damit auch kürzere Stimmbänder besitzen, höhere Stimmen als Männer.

Von der Gestalt und Länge der die Stimmbänder umgebenden Kehlkopf-Wind- und Ansatzrohres ist die Tonhöhe des Kehlkopfes unabhängig. Alles über den Stimmbändern Gelegene am Kehlkopf entfernen, ohne die Tonhöhe zu verändern. GARCIA hat aber gezeigt, dass mit zunehmender Tonhöhe die oberen Stimmbänder sich etwas einander nähern, der Kehlkopfdeckel dabei etwas mehr über den Kehlkopfeingang hinweg. Es scheint somit, dass sich diese Gebilde an der stärkeren Stauung der Luft in den Luftwegen zur Hervorbringung hoher Töne erforderlich ist, betheiligen. Dabei hebt sich der Kehlkopf im Ganzen etwas in die Höhe.

Die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln ist bei dem Hervorrufen verschiedener Töne im Kehlkopfe eine sehr mannigfaltige. Wir sehen fortwährend, dass die Spannung der Bänder, ihre Länge, ihre Stärke des Anblasens in ihrer Wirkung einander compensiren, so dass derselbe Ton forte und piano wechsellautend oder in Stärke an- und abschwellend gesungen werden kann. Es ist nach der Stärke des Anblasens die Bänderspannung eine verschiedene. Bei der Erzeugung der höchsten Töne steht dem Kehlkopf noch ein weiteres Gebote, welches Töne von wesentlich anderer Klangfarbe liefert, als die gewöhnlichen: die oben erwähnte Fistelstimme (S. 685). Die Stimmritze bei dieser Art der Tonerzeugung weiter geöffnet, die Stimmbänder stark gespannt.

Die Genauigkeit ist bewundernswürdig, mit welcher von einer Menschenstimme musikalische Töne angegeben werden, wenn wir nur diejenige, welche die Feinheit der Abstufung der Muskelspannungen lediglich auf dem Gefühl der Richtigkeit des Tones, d. h. auf dem Gedächtniss für die für den betreffenden Ton nothwendige Muskelspannung beruhend, dafür erforderlich ist. A. KLÜDER zeichnete die Schwingungen zweier Membranen gleichzeitig photographisch auf, von denen die eine durch einen Ton der Menschenstimme, die andere durch denselben konstanten Ton einer Orgelpfeife in Bewegung gesetzt wurde. Er fand aus diesen vergleichenden Versuchen, dass der durchschnittliche Fehler einer wohlgeübten Menschenstimme bei Einsatz des Tones nur 1% beträgt. Ein geübter Kehlkopfmuskel des Menschen kann, je nach der Ausbildung seiner musikalischen Ausbildung, zwischen 40—170 verschiedenen Spannungsgrade bei der Tonbildung innehalten.

Die die Stimmritze umgebenden Organe üben durch ihre Resonanz einen Einfluss auf Klang und Stärke des Tones aus, der sich je nach der Stellung dieser Theile ändern kann (bei der Vokalerzeugung). Auch die Brustorgane, die in den Lungen und der Luftröhre eingeschlossene Luft betheiligen, üben einen Einfluss aus.

sch Resonanz an der Tonerzeugung. Bei der sogenannten Bruststimme, im gewöhnlichen Stimmregister ist die Resonanz der Brust als Fremitus pectoris zu fühlen; bei der Fistelstimme schwingen vor Allem die Organe der Nasen- und Nasenhöhle, die in ihnen enthaltene Luft, mit, wodurch die Bezeichnung Kopfstimme gerechtfertigt wird.

Je nach der Grösse des Kehlkopfes ist der musikalische Stimmumfang verschieden. Gewöhnlich beträgt er zwei bis zwei ein halb Octaven. Die Frauenstimme liegt höher als die Männerstimme. Der Bass geht, nach der Moltz'schen Bezeichnung, gewöhnlich von  $E$  (80 Schwingungen in der Secunde) bis  $f^I$  (342); der Tenor von  $c$  (128) bis  $c^{II}$  (512); der Alt von  $f$  (171) bis  $c^{II}$  (512); der Sopran von  $c^I$  (256) bis  $c^{III}$  (1024). Der Gesammtumfang der menschlichen Stimme umfasst darnach beinahe 4 Octaven. Diese Grenzen werden aber nicht nur durch die Fistelstimme, sondern auch noch in vielen Fällen durch die Bruststimme überschritten. Die Töne zwischen  $c^I$  bis  $f^I$  haben alle Stimmen gemeinschaftlich, aber mit sehr verschiedener Klangfarbe.

Die Bezeichnung ist hierbei folgende:  $c d e f g a h$  ungestrichene oder kleine Octave (4füssige Octave der Orgel);  $c^I d^I$  etc. eingestrichene (2füssige);  $c^{II} d^{II}$  zweigestrichene (1füssige) Octave;  $C D$  etc. grosse (8füssige) Octave;  $C_I D_I$  Contraoctave (16füssig).

### Die Sprechstimme.

Während die Töne allein mit Hülfe der Stimmbänder erzeugt werden, wird bei der Erzeugung der Geräusche und Töne, aus denen die Sprache besteht, auch die Mundtheile mit, in manchen Fällen bei der flüsternden Sprache allein. Die einzelnen Sprachgeräusche, Laute (Buchstaben), werden sowohl durch die ein- als ausströmende Athemluft erzeugt, während die beweglichen Theile der Mundhöhle — in manchen Fällen auch der Nase, die Lippen, Zahnreihen auf den Kiefern, die Zunge, der Gaumen bestimmte Stellungen eingenommen haben. In der Mehrzahl der Fälle hat die Sprache einen Klang, weil ausser den Mundorganen auch die Kehlkopforgane, besonders die Stimmbänder mit zur Lauterzeugung benutzt werden. Doch kann unter Umständen der Stimmapparat ganz unthätig bleiben: die Flüstersprache ist bei geöffneter Stimmritze, beim Einziehen der Luft möglich, wobei die Stimmbänder nicht in Schwingungen gerathen.

Die einzelnen Komponenten der Sprache: die Laute, unterscheiden sich dadurch, dass die einen, die Konsonanten, reine, undefinirbare Geräusche sind, während die anderen, die Vokale, den Charakter von Klängen haben. Die Konsonanten werden bei der Flüstersprache in der Mundhöhle selbst producirt, bei der lauteren Sprache mischen sich ihnen noch in den Stimmwerkzeugen hervorgerufene Geräusche bei. Doch üben auch hierbei die eigentlichen Sprachwerkzeuge den bestimmenden Einfluss aus, sie charakterisiren den Laut; es können alle Vokale demselben Ton, jeder in den verschiedensten Tönen, gesprochen und gesungen werden, ohne dass sie ihre Erkenntheit einbüssen.

Das menschliche Stimmorgan unterscheidet sich von den gewöhnlichen Organen vor Allem darin, dass ihm ein in seiner Gestalt veränderliches Resonanzrohr, Resonanzrohr angefügt ist, die Mundhöhle, welche je nach der



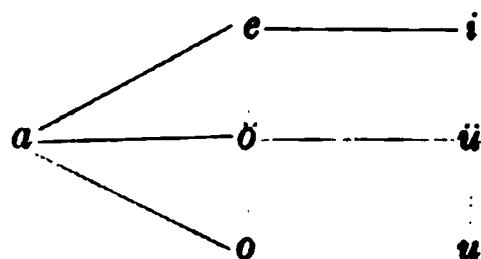
Form, die sie annimmt, einzelne Töne des Instrumentes verstärkt oder schwächt. **DONDERS** fand, dass der Mund durch Veränderung in der Stellung der Mundtheile für die verschiedenen Vokale verschieden abgestimmt sei (cf. unter

In der Flüstersprache werden die Vokale dadurch erzeugt, dass die in verschiedener Gestalt gebrachte Mundhöhle durch den In- oder Expirationsluftstrom angeblasen wird. Dadurch erzeugten Geräusche lassen eine bestimmte Tonhöhe erkennen (**DONDERS**, W), die bei verschiedenen Personen auffallend gleich bleibt. Nach der Methode von **HELMHOLTZ** können diese Töne, die Eigentöne der Mundhöhle je nach der verschiedenen Stellung der Mundtheile durch Mittönen gefunden werden, indem man angeschlagene Stimmgabeln vor den Mund hält, der zur Aussprache eines Vokales gestellt ist. Trifft man die Stimmgabeln deren Grundton mit dem Tone der Mundhöhle in ihrer bestimmten Stellung identisch, so wird ihr Ton, verstärkt durch die Resonanz des Mundes, hörbar.

**Die Vokale.** Nach **HELMHOLTZ**' Definition sind die Vokale der menschlichen Stimme Membranöser Zungen, der Stimmbänder, deren Ansatzrohr, die Mundhöhle, verschiedene Weite, Länge und Stimmung erhalten kann, so dass dadurch bald dieser, bald jener Theilton des Klanges verstärkt wird. Mit Hülfe der Resonanzröhren kann man in tiefen, gesungenen Bassnoten bei den helleren Vokalen sehr hohe Obertöne (bis zum 6.) erhalten. Ziemlich regelmässig findet man die ersten 6—8 Obertöne, aber von wechselnder Stärke. Bei scharfen und hellen Stimmen ist die Stärke der Obertöne, namentlich der hohen, grösser, bei weichen und dumpfen. Scharfe Töne scheinen dadurch zu entstehen, dass die Stimmbänder nicht glatt und gerade genug sind, um sich, ohne an einander zu stossen, zu geradlinigen Spalte zusammenlegen zu können. Mit dem Kehlkopfspiegel sieht man die normal-schwingende Stimmbänder mit einer auffallenden Genauigkeit schliessen. Bei Klängen anderer Zungenwerke, also wohl auch bei denen des Kehlkopfes, nehmen die Obertöne nach der Resonanz die Obertöne ihrer Stärke nach continuirlich ab. Bei den Vokalen, welche mit der weit geöffneten Mundhöhle gesprochen werden, bei dem scharfen *A* oder *Ä*, halten sich die Obertöne dieser Annahme ziemlich entsprechend. Je mehr aber die Mundhöhle verengt wird, entweder durch die Lippen oder die Zunge, desto entschiedener tritt ihre Resonanz für Töne von ganz bestimmter Höhe zum Vorschein, und desto mehr überwiegen sie in dem Klang der Stimmbänder gewisse Obertöne.

Festgehalten muss werden, dass bei jedem beliebigen, zur Klangerzeugung verwendeten Spannungsgrad der Stimmbänder an dem sich gleichbleibenden Klange derselbe Charakter der verschiedenen Vokale durch Veränderung in der Resonanz des Ansatzes ertheilt werden kann. Derselbe Grundton, dieselben Obertöne werden dabei von menschlichen Zungenwerken selbst hervorgebracht, die Verschiedenheit des Klanges derselben Note gesungenen oder gesprochenen Vokale rührt nur daher, dass in den verschiedenen Fällen verschiedene Partialtöne des Klanges von der Resonanz des Mundes verstärkt worden sind. Die Tonhöhen stärkster Resonanz der Mundhöhle hängen nur von dem Vokal ab, für dessen Bildung man die Mundtheile eingestellt hat. Sie wechseln bei kleinen Dialekten entsprechenden Abänderungen in der Klangfarbe des Vokales sehr bedeutend. Gegen findet man im Allgemeinen dieselbe Resonanz bei Männern, Frauen und Kindern. Wenn der weiblichen und kindlichen Mundhöhle an Geräumigkeit abgeht, wird durch engere Abschluss der Oeffnungen ersetzt.

Die Vokale zerfallen in drei Reihen nach der Stellung der Mundtheile, welche **REYMOND**, der Aeltere, folgendermassen zusammenstellt, indem der Vokal *a* den gemeinsamen Ausgangspunkt für alle drei Reihen bildet:



dem Vokale *A* entspricht eine sich vom Kehlkopf ab ziemlich gleichmässig trichterförmig lernende Gestalt der Mundhöhle. Bei *O* und *U* wird die Mundhöhle mittelst der Lippen *ge*, so dass die Mundhöhle bei *U* vorne am engsten ist, während sie durch Herabziehen *n*age in ihrer Mitte möglichst erweitert wird, im Ganzen also die Gestalt einer Flasche *als* Hals erhält, deren Oeffnung, der Mund, ziemlich eng ist. Die Tonhöhe solcher *W*aräume, die (meist) nur einen Eigenton mit starker Resonanz erkennen lassen, wird *tie*fer, je weiter die Hohlräume und je enger ihre Mündung ist. Bei *U* entspricht der *E*igenton dem ungestrichenen *f*. Führt man das *U* in *O* über, so steigt die Resonanz *b*is auf *b*<sup>I</sup>. Führt man die Mundhöhle aus der *O*-Stellung allmählig durch die zwischen *ö* liegenden Mittellaute in das reine norddeutsche *A* über, so steigt allmählich die Re-*son*anz eine Octave bis auf *b*<sup>II</sup>. Die zweite von *A* ausgehende Reihe von Vokalen *A*, *E*, *I* *h*och einen zweiten Eigenton. Die Lippen werden so weit zurückgezogen, dass sie *st*rom nicht mehr beengen, dagegen tritt eine neue Verengung auf zwischen dem *an* Theil der Zunge und dem harten Gaumen, während der Raum unmittelbar über *ph*lkopf sich durch Einziehen der Zungenwurzel erweitert, wobei gleichzeitig der Kehlkopf *ste*igt. Die Form der Mundhöhle nähert sich dadurch der Form einer Flasche mit *h*al se. Derartige Flaschen haben zwei deutliche Eigentöne, der eine ist der des *h*als, der andere der des Flaschenraumes. Bei den letztgenannten Vokalen finden wir *ents*prechend einen höheren und einen tieferen Resonanzton. Die höheren Töne *lie*gen aufsteigende Reihe von Eigentönen der Vokale *U*, *O*, *A* fort, dem Ton *A* entspricht *a*s<sup>III</sup>, *E* *b*<sup>III</sup> und *I* (mittelst des Luftgeräusches bestimmt) *d*<sup>IV</sup>. Schwerer sind die tie-*den* hinteren Abtheilungen der Mundhöhle angehörenden Eigentöne zu bestimmen. *n*icht *d*<sup>II</sup>, *E* *f*<sup>I</sup>, *I* (wie *U*) bei *f*. Bei der dritten Vokalreihe, welche durch *ö* nach *ü* *ht*, bleibt die Zungenstellung die gleiche, wie für die vorstehende Reihe. Für *ü* ist *st*ellung wie für einen zwischen *E* und *I* gelegenen Vokal, bei *ö* die Stellung für *E*, aber *ig* nach *ä* gezogen. Ausser der Verengung zwischen Zunge und Gaumen verengern *er* auch die Lippen wieder, so dass sie sich zu einer Art Röhre formiren, die eine vor-*er*längerung der zwischen Zunge und Gaumen liegenden Röhre bildet. Die Mundhöhle *so* Flaschen mit noch längerem Halse dar, als bei der zweiten Vokalreihe. Die *so* des höheren, dem Flaschenhals angehörenden Eigentons wird dadurch etwa um eine *vert*ieft, für *ö* *cis*<sup>III</sup>, für *ü* *g*<sup>III</sup> — *a*s<sup>III</sup>. Die schwerer zu bestimmenden tieferen Eigen-*nd* für *ö* wie für *E* *f*<sup>I</sup>, für *ü* wie für *I* *f*.

Der Zugang zu den Choanen muss dem Luftstrome bei der Bildung der Vokale versperrt *nehmen* sonst einen näselnden Charakter an. Der Verschluss geschieht durch *des* Gaumensegels, welche die Choanen verschliesst. Am wenigsten vollständig *ist* dies bei *A*, dann folgt *E*, *O*, *U*, *I*.

Dem Gesagten ergibt sich, warum die Vokale am charakteristischsten auf die Noten *an* werden können, die einen Oberton haben, welcher mit dem specifischen Eigenton *ales* harmonisch ist. Die Diphthongen sind Mischlaute, rasch hinter einander *äh*nliche Vokale, also aus zwei Klängen zusammengesetzt. Die Mundstellung geht dabei *aus* der für den ersten in die für den zweiten Vokal über.

Die Konsonanten sind, wie schon angegeben, mehr oder weniger reine Geräusche. Ihre *st*ellung ist analog der der flüsternd gesprochenen Vokale unabhängig von dem Kehlkopfe *er*folgt dadurch, dass der zum Sprechen verwendete Luftstrom die verschiedenen Rachen-*Mund*theile, bei verschiedenen Mundstellungen in nicht tönende Schwingungen ver-

Einige Konsonanten, *M* und *N* durch die Nase gesprochen, sind keine einfachen *ische*, sondern nur Modificationen des Stimmklanges durch die Eigentöne der mitschwin-*n*, verschieden gestellten Mund- und Nasenhöhle. Man unterscheidet Lippen-, Zun-*und* Gaumenbuchstaben, je nach dem Ort, an welchem die Geräusche gebildet *n*. Stets sind die Stellen, an denen die Buchstaben in der Mundhöhle entstehen, ver-*zu* sogenannten »Thoren«. Das Lippen Thor für Bildung der Lippenbuchstaben: *, o, w, m* wird entweder durch beide Lippen gebildet oder durch die Unterlippe und *ake*, Physiologie. 4. Aufl.

Gaumen bilden das Gaumenthor für die Gaumenbuchstaben: *k, g, ch, j, r* (im *B* gesprochen). Dadurch, dass die vorher geschlossenen Thore plötzlich gesprengt, vorher offenen plötzlich geschlossen werden, entstehen die sogenannten Explosiven drei Thoren: *p, t, k*. Geschieht die Oeffnung und Schliessung mehr allmählich, werden die Laute weicher: *b, d, g*. Strömt die Luft allmählich durch die verengten Thore, stehen wieder andere Geräusche: *f, v, s* (scharf), *ch*. Geschieht Letzteres unter *M* Stimme, so entstehen *w, s* (weich), *l, j*. Ist das Thor verschlossen und entweichen die Luftströme unter Mitwirkung der Stimme durch die Nase: *M, N*; öffnet und schliesst sich abwechselnd während des Durchströmens der Luft, so wird das *R* gebildet, das aus dem Zungen- oder Gaumenthor entsteht, je nach dem Dialekt oder der persönlichen Gewohnheit. Die zusammengesetzten Konsonanten entstehen analog den einfachen Vokalen durch rasche Kombination der verschiedenen Mundstellungen, man in ihnen stets Doppelkonsonanten bekommt.

Ausser den Geräuschen der Konsonanten können auch noch eine Reihe andere in der Mund- und Rachenhöhle erzeugt werden, die aber nicht zur Sprachbildung als Laute werden. Es werden nur diejenigen dazu verwendet, deren Verbindung mit einem Vocale ist. Jede Sprache enthält eine gewisse Anzahl dieser möglichen Laute, und es sind dadurch charakteristische Unterschiede in den einzelnen Sprachen. Jede Sprache hat gewisse Klassen dieser Laute oder einzelne derselben vorzugsweise, andere sogar gar nicht anwendet. Es finden sich in den Buchstaben analoge Geräusche, welche in der Sprache nicht, wohl aber zu sonstigen Bezeichnungen von Gefühlen, z. B. Schreien, benutzt werden; man könnte sie im Gegensatz zu der erlernten die natürlichen nennen. Unter den möglichen Konsonanten-Geräuschen, die zur eigentlichen Sprache nicht benutzt werden, kommen sowohl explosive als anderweitige kontinuierliche vor: das Schmatzen, Gurgeln, Räuspern, Hemsen, Aechzen, Küssen, Niesen, Schlürfen, Schnalzen mit der Zunge. Die Schnalzlaute kommen bei den Hottentotten in der Sprache vor, sowie bei andern afrikanischen Völkerschaften. Auch sie werden verwendet und da zur Bezeichnung von Gemüthsstimmungen allein benutzt, analog dem Schreien.

Eine richtige Sprache setzt eine normale Bildung der Mundhöhle und Innervation der Sprachorgane voraus. Eine Oeffnung im Gaumen z. B. macht die Stummheit, da nun ein Theil der Luft auch durch die Nase entweichen kann. Durch Unfähigkeit und Unbeweglichkeit der Zunge und Störungen der Innervation entsteht das Stottern. Die Bildung richtiger Laute setzt das Vermögen des Hörens voraus. Geborene Taubstumme lernen nur schwer eine Art von Lauten ziemlich roher Art herzustellen. Taubstummen ist die Stummheit Folge des mangelnden Gehöres. Wenn ihnen durch Mühe Articulation gelehrt wurde, so bleibt ihre Sprache doch eine Art Geheul. Taubstumme Regulators durch das Gehör entbehren. Das Sprechen setzt normalen Verstand voraus. Blödsinnige haben keine Sprache, die Laute, die sie articuliren, haben keine Bedeutung. Dadurch, dass der, welcher Laute articulirt, einen bestimmten Sinn mit den Worten verbindet, eine bestimmte Bedeutung in die Reihenfolge der Worte legt, werden die Laute zur Sprache. Ein Vogel kann Worte aussprechen, aber er spricht nicht. Die Sprachorgane stehen in ganz eigenthümlichen Beziehungen zu dem Seelenorgane; es können diejenigen der Zunge nach Hirnverletzungen noch vorhanden sein, so dass das Schlucken bleibt, während das Vermögen zu sprechen verloren ist: *Aphasie* (cf. bei Gehirnverletzungen).

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — Die Fähigkeit, Stimme zu bilden, ist in verschiedenen Altern verschiedene. Im Fötus und neugeborenen Kinde ist der Kehlkopf verhältnissmässig sehr klein, der Schildknorpel ist noch rund und macht keinen Vorwärtshals. Es sticht diese geringe Entwicklung sehr ab gegen die verhältnissmässig grosse, welche ein Theil der Esswerkzeuge: das Zungenbein, die Zunge schon erkennen lassen.

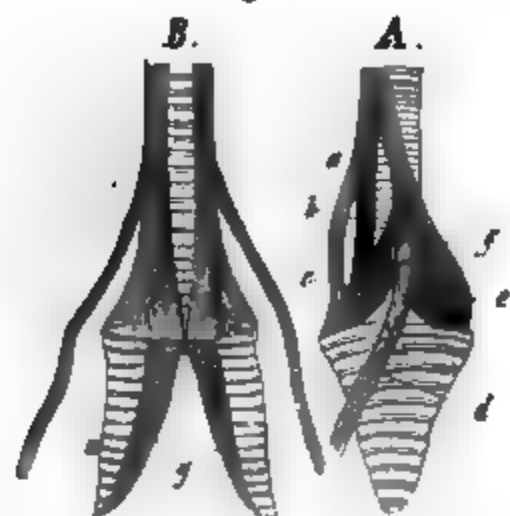
Schildknorpel noch wenig ausgebildet ist, so sind die Stimmbänder noch sehr kurz, die Knorpel selbst sind noch sehr biegsam. Erst mit Eintritt der Geschlechtsreife verändert sich die Gestalt und Grösse des Kehlkopfs wesentlich. Die Entwicklung der Geschlechtstheile veranlasst eine Ernährungszunahme in mehreren Organen, so auch in dem Kehlkopf, seine Dimensionen nehmen plötzlich zu. Es entsteht dadurch eine Veränderung in der Stimm Lage, da sich die Stimmbänder nicht unbedeutend verlängern: der Stimmwechsel. Die Alt- oder Sopranstimme des Knaben verwandelt sich in den männlichen Bass oder Tenor. Auch bei Mädchen findet sich ein analoger Vorgang, doch von etwas geringerer Bedeutung. Bei Kastraten, welche vor der Geschlechtsentwicklung entmannt wurden, tritt der Stimmwechsel nicht ein, die Stimme bleibt dann hoch, ja selbst höher, als Sopran der Frauen. Die Aussprache der Kinder ist von der der Erwachsenen sehr verschieden, der Grund dafür liegt in der Verschiedenheit der Sprachorgane. Die Zähne sind vorhanden oder fehlen noch theilweise oder ganz; die Zunge ist verhältnissmässig gross, die Lippen nicht so stark als nöthig wäre, die geschlossenen Kinnladen zu bedecken, die Nasenhöhlen sind noch nicht vollkommen entwickelt. Aehnliche Veränderungen: Mangel der Zähne, Länge der Nasenhöhle finden sich auch im Greisenalter wieder ein, die das Sprechen erschweren, so dass die Aussprache des Greises sich wieder der kindlichen nähert. Die allgemeine Muskelschwäche des Greises zeigt sich auch bei der Lautbildung und Sprache. Die Stimme ist schwach, brüchig, gebrochen, ebenso der Gesang, es fehlt den Muskeln an Kraft, langdauernde Consonanten auszuführen.

**Beobachtungsmethoden.** — Kehlkopfspiegel. — Zur Beobachtung der Thätigkeit der lebenden Stimmbänder bei der Stimmbildung dient der Kehlkopfspiegel (GARZIA, MAK, TÜRCK u.v.A.). Er besteht aus einem kleinen, an einem Griffe befestigten Metallspiegel, den man, um das Beschlagen durch die Athemfeuchtigkeit zu verhüten, erwärmt in den Mund steckt und dort direct über dem Kehlkopfeingang unter einem Winkel von 45° festhält. Der Beobachter macht sein Auge gleichsam zum Ausgangspunkt concentrirten Lichtes, indem er durch einen central durchbohrten Spiegel, der das Licht einer hellen Lampe in den weit geöffneten Mund des Beobachteten und auf den dort befindlichen Kehlkopfspiegel wirft, das Innere der Stimmbänder in letzterem beleuchtet. Der Beobachtete hat dabei die Zunge möglichst weit aus dem Munde herauszustecken. Die grundlegenden Beobachtungen über die Bewegung der Stimmbänder wurden von J. MÜLLER theils an Modellen, theils an Thieren veranlasst durch Vivisectionen, oder an todtten Kehlköpfen angestellt, bei denen man die Muskelwirkung im Kehlkopf durch entsprechend angebrachte Fäden (HARLESS) nachahmen kann, welche durch Gewichte gespannt werden. Ein Blasebalg oder der Mund des Beobachters diente zum Anblasen.

**Zur vergleichenden Anatomie der Stimmwerkzeuge.** — Bei den Säugethieren ist der Kehlkopf im Allgemeinen dem menschlichen analog gebildet, bei einigen Affen mit besonderer lauter Stimme kommen noch besondere Resonanzorgane hinzu. Bei den anthropomorphen Affen: Gorilla, Chimpanse, Orang-Utang, Hylobates, buchten sich die MORGAGNI'schen Ventrikel zu, oft bis zum Schlüsselbein herabreichenden, Kehlsäcken aus, die zwischen Schildknorpel und Zungenbein, ausserhalb des Kehlkopfs liegen. Auch beim Menschen kommen gelegentlich hier und da Ausbuchtungen der MORGAGNI'schen Ventrikel vor, welche auch bis innerhalb des Kehlkopfs reichen können (W. GRUBER, RÜDINGER). Grössere häutige Kehlsäcke kommen auch bei dem Mandrill, Pavian, dem Makaken (CUVIER). Am stärksten ist ein resonanter Apparat bei dem amerikanischen Brüllaffen Mycetes entwickelt: Zungenbein und Schildknorpel, auch der Kehldeckel sind aufgetrieben, von den Ventrikeln gehen mehrere Kehlsäcke aus, zu denen noch Sacculi laryngopharyngei kommen. — Auch die Stimme der Amphibien entsteht im Kehlkopf, Frösche und Krokodile haben Stimmbänder. Bei Pipa gehen die Töne der Stimme von festen schwingenden Knorpelstäben aus, die an einem Ende in einem grossen Kehlkopf befestigt bei dem Anblasen wie angeschlagene Stimmgabeln oder wie Zungen in Schwingungen gerathen (MAYER, J. MÜLLER). Auch einige Fische haben

Stimme, ohne dass man die betreffenden Organe genau kennt, das Anblasen geht leicht von der Schwimmblase aus, die hierzu reichliche Muskeln besitzt.

Fig. 165.



Unterer Kehlkopf. Singmuskelapparat des Raben. A von der Seite, B von vorne gesehen. a—f Muskeln zur Bewegung des unteren Kehlkopfes. g Membrana tympaniformis.

vögeln kommt noch eine dritte Falte, die sich vom Stege erhebt, hinzu. Der Grad der Ränder der Stimmmembranen, die Weite der Stimmritzen wird durch andere Muskulatur bestimmt, bei den Singvögeln durch einen aus 5—6 Muskelpaaren Singmuskelapparat Fig. 165.

Das Stimmorgan der Vögel, der untere Kehlkopf, sitzt im Gegensatz zu dem der Säuger an der Teilungsstelle der Luftröhre. Es wird in manchen Fällen schon äußerlich durch die Verschmälerung der Luftröhrenringe zu der »Trommel« (Tympanum) hervorgehoben. Der letzte dieser Ringe bildet vorn und hinten einen Vorsprung, meist sind beide Vorsprünge durch einen knöchernen Querbalken (Leiste) verbunden. Hier wird das Ende der Luftröhre in zwei Theile getheilt. Der Steg geht vorne und hinten bogenförmig nach unten und hält eine Schleimhautfalte, Membrana tympaniformis interna, wie in einem Rahmen angeordnet. Eine andere Schleimhautfalte, Membrana tympaniformis externa, spannt sich meist zwischen dem letzten Tracheal- und dem ersten Bronchialring aus. Bei Annäherung der Ringe erschlafft nach und nach diese beiden Schleimhautfalten fungiren als Stimmbänder, die Stimmritze ist doppelt; bei Singvögeln kommt noch eine dritte Falte, die sich vom Stege erhebt, hinzu.



## Neunzehntes Capitel.

# Mechanik und Chemie der Muskeln.

### I.

## Mechanik der Muskeln.

---

### Allgemeine Wirkungsweise der Muskeln und ihr Bau.

Die Bewegungsmöglichkeit des menschlichen Organismus ist durch die Gerüsttheile des Skeletes gegeben, dessen mechanische Einrichtungen Stellungenveränderungen der einzelnen Knochen gegen einander erlauben oder bieten.

Es ist, wie wir sahen, nicht unmöglich, die an dem menschlichen Körper vorkommenden Lokomotionen und Bewegungen allein mit Berücksichtigung der Skeleteinrichtungen zu verstehen. In unserer Darstellung dieser Verhältnisse (Cap. XVIII.) stiessen wir jedoch vielfältig auf die Nothwendigkeit, jene auf das Knochengerüst einwirkende Kräfte zur Erklärung der Bewegungen zu Hülfe nehmen zu müssen. Diese Kraftwirkungen erzeugen Stellungenveränderungen der Gelenke gegen einander, hauptsächlich Streck-, Beuge- und Drehbewegungen. Wir sahen z. B. bei dem Mechanismus des Gehens das Fortwärtsschieben des Rumpfes in einer horizontalen Linie auf ebenem Boden durch die Wirkung zweier in verschiedener Richtung gekrümmter und sich streckender Gelenke hervorgebracht; das Pendeln des passiven Beines wurde durch aktive Beugung in den Gelenken und die damit gegebene Verkürzung des Beines ermöglicht.

Die Betrachtung der Mechanik der Bewegungen des menschlichen Körpers führt uns nach den die passiven, starren Maschinentheile aktiv bewegenden Muskeln und ihrer Wirkungsweise fragen.

Bei der Zergliederung des Menschenleibes stossen wir auf eine grosse Anzahl massiger, roth gefärbter, elastischer Bänder, welche, von mannigfacher Form und Grösse, sich in sehr verschiedenen Richtungen mit den Knochen verbunden zeigen: es sind die Skeletmuskeln, welche beinahe die Hälfte, etwa 45%, der gesammten Masse des Körpers ausmachen und die Mehrzahl der Knochen fast vollkommen in ihre Fleischmassen einschliessen. Die Muskeln sind in erster Linie die aktiv bewegenden Organe, in ihren Eigenschaften, in ihrer Anordnung finden wir jene Momente realisirt, welche zu den ausgiebigen

kürzten und wieder in den verlängerten (nicht verkürzten) Zustand gehen vermag, können durch ihn abwechselnde Bewegungen der durch verbundenen Skeletabschnitte hervorgerufen werden.

Die Anordnung der Muskeln ist stets eine solche, dass sie nur an den Enden — dem Ursprung und Ansatz — an Knochen befestigt sind der Art, dass sie dabei stets ein, seltener zwei Gelenke überspringen und so verwandeln dadurch die Knochen in Hebel. Die Mehrzahl dieser Hebel einarmig, d. h. der Angriffspunkt des Muskels, der Kraft befindet sich auf derselben Seite des Drehpunktes wie der Angriffspunkt der Last. Meistens liegt der Angriffspunkt des Muskels dabei dem Drehpunkt des Hebels sehr nahe, so dass der Muskelhebelarm kürzer ist als der der Last, wodurch für die Hebung verhältnissmässig schwerer Lasten ein bedeutenderer Kraftaufwand nöthig ist als im umgekehrten Falle. Die Hebung der Lasten kann bei dieser Einrichtung dafür mit um so grösserer Geschwindigkeit ausgeführt werden: die Lasten werden durch ihre Muskeln in sogenannte Geschwindigkeitshebel verwandelt, wodurch die rasche Beweglichkeit des Körpers wird durch diese Art des Anordnens in hohem Maasse befördert.

Im Allgemeinen lässt sich die Wirkungsweise der Skeletmuskeln auf die eines Hebels ausführen; wir können uns einen Hebel denken, dessen Enden die Ansatzpunkte der Muskeln einander verbindet. Die Wirkung findet in der Art statt, dass durch Verkürzung dieser Linie der Ansatzpunkt des Muskels an einem näher zum Drehpunkt liegenden Knochenhebel, dem Ursprungspunkte, der an einem absolut festen oder durch anderweitige Einwirkungen festzustellenden Punkte des Skeletes sich findet, genähert wird.

Die Wirkung der linearen Zugkräfte wird vor Allem durch die verschiedenen Gelenkeinrichtungen modificirt. Jene Hemmungsmechanismen, die an den Gelenken kennen gelernt haben, kommen bei den entsprechenden

lassen nun eine den Knochen parallel laufende Zugkraft in Wirksamkeit, so wird die Gesamtkraft nicht eine Stellungsveränderung der Knochen einander, sondern nur eine Zusammenpressung der Gelenkenden herbringen können. Lassen wir dagegen die Zugkraft nicht parallel mit den Knochen verlaufen, sondern unter einem Winkel auf sie wirken, so wird unter Umständen kein Bruchtheil derselben zum Zusammenpressen der Gelenkenden, sondern die ganze Kraftsumme zur Stellungsveränderung der Knochen gegen einander verbraucht werden. Sind bei den normalen Skelettbewegungen die Knochen einmal etwas gegen einander gebeugt, so kommt dieser zweite Fall mehr und mehr zur Verwirklichung; dagegen wird zu Anfang einer Bewegung der gestreckten Lage in die gebeugte und umgekehrt zu Ende einer Umdrehung einer Beugung in eine Streckung ein grösserer Theil der Kraft zum Zusammenpressen der Gelenkenden verbraucht werden.

In der Natur ist der Muskelansatz an den Knochen stets in der Art modificirt, dass ein wirklich paralleles Angreifen der Zugkraft nicht eintreten kann. Muskeln setzen sich entweder an Knochenvorsprünge an oder gehen über die Gelenkfläche vor ihrem Ansatz weg, so dass diese als Rollen wirken und den Muskelansatz wesentlich verbessern, dadurch wird schon bei Beginn der Bewegung ein ansehnlicher Theil der Muskelwirkung für eine Stellungsveränderung der im Gelenk verbundenen Knochen verwendbar. Muskeln, welche so angeordnet sind, dass bei ihrer gleichzeitigen Contraction im betreffenden Gelenk keine Stellungsveränderung eintritt, nennt man Antagonisten.

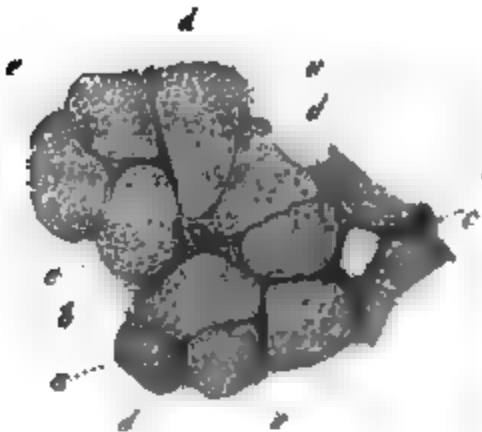
Die Fleischbündel, welche die Anatomie als Muskelindividuen bezeichnet und gesondert benennt, stellen physiologisch, functionell keine Einheiten dar, denn keineswegs werden die Fasern eines anatomisch unterschiedenen Muskels immer gleichzeitig und gleich stark in Erregung versetzt. Die verschiedenen in jeden Muskel eintretenden Nerven ermöglichen es, dass sich die einzelnen Faserbündel des Muskels unabhängig von einander contrahiren. Zur Ausführung einer Drehung um eine bestimmte Axe scheinen z. B. alle jene Muskelfasern, welche ein positives Moment für die Drehung des Knochens in einem bestimmten Sinn haben, immer zusammen zu wirken, ohne Rücksicht darauf, ob sie zu verschiedenen Muskeln gehören, welche ihrer Gesamtzugrichtung nach Antagonisten oder Synergisten sind.

Die Bewegung in reinen Charniergelenken ist Beugung und Streckung, Drehung um die Gelenkaxe. Auch bei den Kugelgelenken lassen sich die Stellungsveränderungen der im Gelenk verbundenen Knochen auf Beuge- und Streckbewegungen zurückführen, wenn wir uns durch den Drehpunkt des Gelenkkopfes nach den verschiedensten Richtungen lineare Axen gelegt denken. Diese Axen lassen sich dann Beugungen und Streckungen ausführen, die in ihrem Zustandekommen sich nicht wesentlich von denen in Charniergelenken unterscheiden. Nur durch die Anzahl der möglichen Axen wird das Resultat complicirter. Analog ist es bei allen anderen wahren Gelenkformen, die sich mehr den Charnieren oder mehr den Kugelgelenken anschliessen. Die Art der Muskelwirkung ist stets die gleiche.

Ihrem gröberen Bau nach bestehen, wie unsere früheren Betrachtungen ergeben (S. 39), die Muskeln aus der eigentlichen rothen Fleischmasse, die sich in Längs- oder Querbündeln zusammengesetzt zeigt; die einzelnen Fleisch-

bündel werden durch manchmal Fettzellen enthaltendes Bindegewebe mengehalten (Fig. 466, 467). Das Bindegewebe ist im Muskel wie

Fig. 466.



Querschnitt des menschlichen Biceps brachii. a Die Muskelfäden; b Querschnitt eines grösseren Gefässes; c eine Fettzelle in einem grösseren bindegewebigen Zwischenraume; d Haargefässdurchschnitte in der dünnen Bindegewebsschicht zwischen den einzelnen Fäden; e die Kerne derselben, dem Sarkolemma anliegend.

Fig. 467.

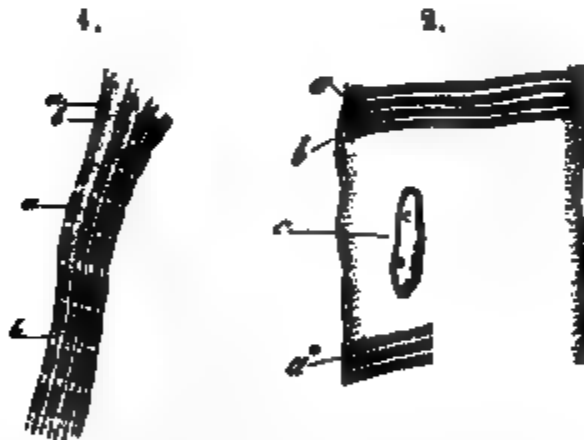


Von Fettzellen durchwachsener menschlicher Muskel. a Muskulöse Fäden. b Reihen der Fettzellen.

Träger der Blutgefässe grössere Ver in den Muskeln keine teristischen Eigentl keiten zeigt. Die Fle del selbst bestehen n pisch aus jenen uns b Muskelprimitivbünd Muskelschläuchen, ihrem zähflüssigen l Querstreifung erke sen (Fig. 468), (Fig. 4 Auch diese letzten elemente, welche von der Länge de Muskels sind, manc ziemlich scharfer S digen, ehe sie das Muskels erreicht hal

in zartes Bindegewebe eingekittet; in diesem verzweigen sich die letzt

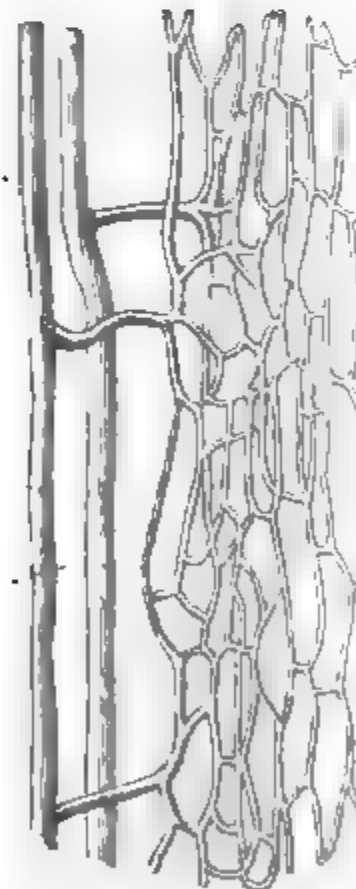
Fig. 468.



Zwei Muskelfäden, vom Proteus 1, und Schwein 2, bei 100facher Vergrösserung (ersterer Alkoholpräparat, letzterer mit Essigsäure von 0,01% behandelt). a Fleischtheilchen. b helles Längsbindemittel. Bei a sind die Sarcous elements von einander entfernt und das Querbindemittel sichtbar. c Kern.

kelkapillaren in für die Muskeln typischer, sehr regelmässiger Weise. Das Kapillarnetz bildet rechteckige Maschen, deren längere Seiten der Längsaxe des Muskelprimitivbündels parallel laufen (Fig. 469); die kürzeren, die längslaufenden Gefässchen quer mit einander verbindenden Kapillaren, stehen senkrecht auf der Länge Primitivbündel. So unterscheidet man längs- und quengerichtete Ks

Fig. 469.



Kapillargefässe der Muskeln, 2: a Arterie; b Vene; c Kapill.

Es stellt ein reiches, sehr feines Netz von Gefässen dar, das von keinem andern Kapillargeflechte an Regelmässigkeit übertroffen wird, und die mikroskopischen Muskelemente ziemlich reichlich mit Blut versorgt. Die Muskelzellen gehören zu den feinsten des ganzen Körpers, sie sind von 0,004 bis 0,06 mm breit.

**Mikroskopik der Muskelcontraction.** — Nach KRAUSE beruht die Querstreifung des Muskels auf der Zusammensetzung aus »Muskelkästchen«. Diese Anschauung hat Widerstand und Bestätigung erfahren, letzteres vorzüglich von MERKEL, der seine Beobachtungen an Arthropodenmuskeln auf die verschiedenen physiologischen Zustände des Muskels bezieht. Seine Resultate sind: ein einfaches Muskelement besteht aus einer membranösen Hülle, welche sich stets gleich bleibt, und einem Inhalt, der seine Lage und Gestalt ändert. Die Hülle ist röhrenförmig und jederseits durch eine Endmembran geschlossen. Dieses gebildete kurze Röhrchen (Muskelkästchen K.) wird durch eine mit der Seitenwand verbundene Mittelscheibe in zwei von einander völlig getrennte Fächer getheilt. Jedes dieser Fächer enthält feste contractile Substanz und Flüssigkeit. Im ruhenden wie im contrahirten Zustand liegt immer die contractile Substanz eines Faches der contractilen Substanz eines andern Faches an. In der Ruhe berühren sich die beiden contractilen Hälften eines und desselben Muskelementes, nur durch die Mittelscheibe getrennt, während im thätigen Muskel die contractile Substanz an beide Endscheiben rückt und dadurch in Contact mit der contractilen Substanz des nächst oberen und nächst unteren Elementes tritt. Anstatt dass also in der Ruhe das Muskelement (Muskelkästchen K.) in seiner Mitte einen ganzen Querstreifen enthält, zeigt es in der Thätigkeit einen halben an beiden Enden. Dieser Platzwechsel geschieht durch Vermittelung von Zwischenstadiums, in welchem die sonst so scharfe Trennung zwischen flüssigem und festem Inhalt aufgehoben ist und eine innige Mischung der beiden Substanzen stattfindet (MERKEL). Zu analogen Anschauungen über den Bau des Muskels kam FLOEGEL. DOENITZ hält die Fibrille für das primitive Muskelement und analog WAGNER und KRUMNACH. MERKEL erklärt mit KÖLLIKER als Structurelement des quergestreiften Muskels: das Muskelbündelchen, *columna muscularis* (KÖLLIKER). Dieses besteht aus einer hellen glänzenden Substanz, in welcher in bestimmten Zwischenräumen matte, prismatische, doppeltbrechende Körper, die *sarcous elements*, Fleischtheilchen enthalten sind. Zwischen den Muskelbündelchen ist eine Kittsubstanz. Eine grosse Anzahl von Muskelsäulchen bilden das Muskelbündel, das von einem Sarkolemm umgeben ist.

Im dem physiologischen Laboratorium Leipzig kommen von D. NEWMAN ganz abweichende Angaben. Die auf — 30° C. abgekühlte, gefrorene, aber noch lebende, vollkommen ruhende Primitivfaser zeigt keine Querstreifung, diese tritt auf, wenn sie beim Aufthauen durch Wechselströme gereizt wird. Die Querstreifung beruht auf Ausscheidung einer doppelbrechenden Substanz, welche in der Mitte jedes »Muskelkästchens« eine zusammenhängende, in die Quere sich ausdehnende Schicht bildet.

Die Muskeln selbst laufen an ihren beiden Enden in die Sehnen und entspringen aus, mit denen sie vom Knochen entspringen und sich an ihn ansetzen. Sehnen und Fascien bestehen aus festem, elastischem Bindegewebe. Mikroskopisch unterscheidet man an den Sehnen im Zusammenhang mit ihrer Entwicklungsgeschichte: Sehnenbündel, primäre, sekundäre und tertiäre. Die primären Bündel werden in der Sehne durch lockeres Bindegewebe zusammengehalten, in welchem elastische Fasern vorkommen, und worin die Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven der Sehne verlaufen; es ist das Ernährungsorgan der Sehne: *Peritendineum* (KOLLMANN), von analoger Bedeutung für die Sehne wie das Periost für den Knochen, das Perichondrium für





**Die aktive Beweglichkeit des Muskels, sein Contractionsvermögen;  
die passive Beweglichkeit desselben, seine Elasticität.**

### Die Elasticität und Dehnbarkeit der ruhenden Muskeln.

Da die Knochen ziemlich allseitig von Muskeln umgeben sind, so würde, ausgesetzt, dass die Muskeln im ruhenden Zustande nicht dehnbar wären, die Bewegung stattfinden können. Es ist die Grundbedingung für die Ausübung von Bewegungseffecten von Seiten eines aus der Zahl der ein Gelenk bewegenden Muskeln, dass die übrigen ruhenden Muskeln dehnbar seien, um der Veränderung der Stellung der Knochen gegen einander anzupassen.

Die Muskeln sind nicht nur in hohem Maasse dehnbar, sondern auch sehr vollkommen elastisch (E. WEBER). Wenn man an einen lebensfrischen, ausgeputzten, längsfasrigen Muskel ein Gewicht anhängt, so dehnt er sich beträchtlich aus, kehrt aber nach dem Aufhören der Wirkung der dehnenden Kraft wieder vollkommen zu seiner ursprünglichen Länge zurück.

Es leuchtet ein, dass mit der Elasticität des Muskels eine bedeutende Arbeitersparung im Organismus gegeben ist. Bei der aktiven Bewegung der Muskeln werden ihre Antagonisten entsprechend gedehnt. Die Rückführung bewegten Knochen in ihre Ruhelage erfordert der Elasticität der Muskeln keinen aktiven Kräfteaufwand; es genügt neben der Wirkung der Motoren die elastische Wirkung des gedehnten Muskels, die ihn zwingt, seine natürliche Länge wieder anzunehmen, sobald der dehnende Zug nachlässt.

Die Wirkung eines dehnenden Zuges auf den Muskel, z. B. das Anhängen eines Gewichtes an einen ausgeschnittenen Muskel ist der Zeit nach verschieden. Sobald der Muskel belastet wird, dehnt er sich rasch sehr bedeutend aus, aber nach und nach nimmt er die vollkommene Verlängerung an, die der angewendeten Zugkraft entspricht. Man kann sonach eine starke Anfangsdehnung und eine weit geringere Schlussdehnung unterscheiden. Analog ist die Wirkung der elastischen Kräfte, welche den Muskel nach dem Nachlassen des Zuges wieder zu seiner natürlichen Länge zurückbringen. Der Muskel verkürzt sich zuerst sehr rasch und dann sehr allmähig, so dass er erst nach Verfluss einer längeren Zeit seine Verkürzung vollendet hat. Aehnlich verhalten sich alle organischen Körper, z. B. Seidenfäden. Wie bei diesen nimmt die Dehnbarkeit des Muskels ab, wenn er schon eine Ausdehnung erlitten hat. Das doppelte oder dreifache etc. Gewicht dehnt ihn nicht um die doppelte oder dreifache etc. Länge. Ein gleiches Gewicht bringt eine um so geringere Dehnung hervor, je mehr der Muskel bereits gedehnt ist. Ueber ein bestimmtes Maximum ist der Muskel nicht mehr dehnbar, er zerreißt dann endlich, wenn der Zug noch bedeutender gesteigert wird. Er verhält sich hierin qualitativ wie die elastischen Bandapparate der Gelenke, welche, nachdem sie eine Dehnung bis zu einem gewissen Grad erlitten haben, nun sich jeder weiteren Ausdehnung starr widersetzen; quantitativ ist die Ausdehnbarkeit des Muskels weit grössere, als die der Bänder, Sehnen und Kapselmembranen.

Bedeutsamer als die eben besprochenen Verhältnisse ist die mechanische Einrichtung, durch welche die eigene Elasticität des Muskels zur Arbeitersparung bei seiner Contraction verwendet wird. Die Muskeln sind im leben-

Die Eigenschaft der aktiven Contractilität ist es, welche zur Arbeitsleistung befähigt. Der Vorgang wurde oben im Allgemeinen charakterisirt. Das Kürzer- und Dickerwerden des Gesamtmuskels lässt sich auch an seinen einzelnen Primitivcylindern nachweisen. Während diese an ausgeschnittenen Muskeln im Zickzack gebogen schlängelt, reizt man sie unter dem Mikroskop auf electricischem Weizen zusammenziehung, so sieht man sie sich sehr plötzlich gerade strecken und Verminderung ihrer Länge und Vergrösserung ihres Querschnittes. Man beobachtete, dass dabei die Querstreifung deutlicher und schärfer wird und die Querstreifen näher an einander rücken. Die doppeltbrechenden Fleischtheilchen (Fig. 468), welche nach BRÜCKE aus Disks aus doppeltbrechenden Körperchen kleinster Grösse zusammengesetzt sind, werden kürzer und breiter zu werden (cf. oben S. 697). Die Verkürzung des Muskels dabei erleidet, ist im Maximum um  $\frac{5}{8}$  der Länge des uncontractirten (WEBER).

Durch die Verkürzung wird vom Muskel Arbeit geleistet. Denkt man sich einen Muskel ausgeschnitten an einem Ende aufgehängt, am anderen Ende ein Gewicht belastet, so hebt er durch seine Verkürzung das Gewicht und damit im mechanischen Sinne Arbeit, die sich als Produkt des Gewichtes und der Hubhöhe ausdrücken lässt. Wenn  $p$  = der Last und  $h$  = der Hubhöhe, so würde die Arbeit  $= p h$  sein. Auch der unbelastete Muskel leistet bei dieser Versuchsanordnung Arbeit, indem er sein eigenes Gewicht hebt, welche, um die Gesamtarbeit des Muskels bei einer bestimmten Last zu finden, zu  $p h$  addirt werden muss. Die Anschauung, dass die Hubarbeit des unbelasteten Muskels das Produkt des Muskels mit der halben Hubhöhe ist. Beim Heben grosser Lasten kann das

, angesetzt, dass sie schon durch eine geringe Verkürzung das Maximum Drehung, welche die Einrichtung des Gelenkes gestattet, bewirken.

**Einfache Muskelzuckung.** — Der Muskel vermag durch seine Contraction verhältnissmässig grosse Widerstände zu überwinden, Gewichte bis zu einem bestimmten Gewichtsummum zu heben. Ueberschreitet das Gewicht dieses Maximum, so kann der Muskel das gar nicht mehr bewegen. Weniger schwere Gewichte vermag er zwar noch zu heben, auf eine mit zunehmendem Gewichte abnehmende Höhe. Bei einem für jeden Muskel unprobirenden Maximalgewichte bleibt, wenn der Muskel im selben Moment belastet und Contraction veranlasst wird, Alles in Ruhe. Diese Grösse trägt nach WEBER den Namen: **absolute Muskelkraft**. Sie ist dem grössten Querschnitt des Muskels proportional. Um vergleichbare Zahlen zu gewinnen, berechnet man sie auf 1 □cm Muskel. Für 1 □cm des Muskels beträgt sie etwa 2,8—3,0 Kilogramm (ROSENTHAL), nach älteren Bestimmungen sehnlich weniger. HENKE und KNORZ fanden die Grösse der absoluten Muskelkraft des Menschen im Mittel für die Armmuskulatur zu 8,187 Kilogramm, für die Unterschenkelmuskeln nur 5,9 Kilogramm für je 1 □cm. Als **Arbeitsmaximum** müsste man die Summe der Spannkraft bezeichnen, welche im Muskel bei stärkster Reizung und höchster Erregbarkeit eintreten kann. Das Arbeitsmaximum ist aber in hohem Maasse von der Belastung des Muskels abhängig, es fällt nach FICK grösser aus, wenn während der Contraction die Belastung schrittweise vermindert wird, wie das bei der Muskelwirkung an den Knochenhebeln thatsächlich (S. 695) der Fall ist. Für den Froschmuskel berechnet sich nach FICK das Arbeitsmaximum zu 3,3 bis 5,8 Kilogramm-meter. FICK gibt an, dass die Contractionsstärke mit der Reizstärke von 0 an bis zu einem Maximum mit konstanter Geschwindigkeit wachse und dann an konstant bleibe. Steigert man die Belastung über das Maass der absoluten Muskelkraft hinaus: **Ueberlastung**, so entsteht anstatt einer Verkürzung des Muskels eine **Verlängerung**, Dehnung desselben, die ihren Grund in der eigenthümlichen Eigenschaft des irritirten Muskels besitzt, dehnbarer zu sein, als der ruhende (WEBER S. 700), weil die Arbeitsleistung die Lebeenseigenschaften des Muskels herabgesetzt, ja endlich gänzlich zerstört werden können. Die normale Elasticität gehört zu den Lebeenseigenschaften des Muskels, welche mit allen anderen durch die Thätigkeit in Folge gewisser, weiter unten zu beschreibender Molekularveränderungen (Anhäufung ermüdender Stoffe) beeinträchtigt wird. Die Arbeitsleistung des Muskels setzt sich aus der Arbeitsleistung seiner Primitivmuskelzellen zusammen; mit der grösseren Anzahl dieser letzteren, welche gleichsam Einzelkräfte produciren, die sich zur Gesamtleistung des Muskels summiren, wächst *et par.* die Arbeitsleistung des Muskels. Ein Muskel kann um so grössere Lasten auf eine bestimmte Höhe heben, je grösser sein Querschnitt ist; eine bestimmte Last hebt er auf eine um so bedeutendere Höhe, je länger er ist. Das letztere ist direct aus der Anschauung klar. Bei einem längeren Muskel wird das Maximum seiner Verkürzung einen absolut grösseren Werth annehmen, als bei einem kürzeren. Der dickere Muskel ist aus einer grösseren Anzahl von Primitivcylindern zusammengesetzt, die als Einzelkräfte wirken. Die Muskelleistung tritt statt während des Ueberganges des Muskels aus seinem verlängerten (ruhenden) Zustand in den verkürzten.

HELMHOLTZ hat den Vorgang der Verkürzung mit den schärfsten Hülfsmitteln einer Untersuchung unterworfen. Die Muskeluntersuchungen, die wir bisher genannt haben, sind an quergestreiften Skelettmuskeln angestellt worden. Ueber die Contraction der glatten Muskelfasern hatte WEBER schon früher Untersuchungen angestellt, welche zu dem Resultate geführt hatten, dass sich die beiden Muskelarten in dieser Beziehung, es schien, sehr verschieden verhalten. Lässt man einen die Muskeln zur Contraction erregenden Einfluss, z. B. einen elektrischen Reiz, auf quergestreifte Fasern einwirken, so sieht für das Auge des Beobachters der Erregungszustand des Muskels gleichzeitig mit dem Eintritt der Reizung eintreten und wieder zu verschwinden, so wie der Reiz aufhört. Anders sind die Verhältnisse bei glatten Muskelfasern, z. B. an denen des Darmes. Bei die-

sen wird die Contraction erst eine merkliche Zeit nach dem Beginne der Reizung wahrbar, steigert sich allmähig, dauert nach dem Aufhören des Reizes fort und geht erst wieder in Erschlaffung über. HELMHOLTZ löste die Aufgabe die scheinbar durch einen momentan einwirkenden Reiz entstehende und vergehende Muskelcontraction der gestreiften Fasern, in die analogen Phasen, wie die Contraction der glatten Fasern zu legen. Es war von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass sich auch in dieser Reizung nur quantitative Verschiedenheiten bei den beiden Muskelarten finden würden, da die Logie keine scharfe Grenze zwischen den beiden Fasergattungen findet, und die glatte muskelfaser durch eine Reihe von Zwischenstufen in die quergestreifte, angeschlossen wird.

Das Princip der Untersuchungsmethode, welche HELMHOLTZ angewendet hat, ist folgendes. Befestigt man einen Froschmuskel, der noch im Vollbesitz seiner Lebenskraft ist, an seinem oberen Ende unbeweglich, stösst durch sein unteres Ende einen Stift auf die Längsachse des Muskels und bringt vor die Spitze des Stiftes eine senkrecht bewegliche Glasscheibe, so dass die Spitze die Scheibe dauernd berührt, so wird bei einer Verkürzung des Muskels der gehobene Stift eine senkrechte Linie in die Glasscheibe eingezeichnet. Die Höhe ein Maass für die eingetretene Verkürzung des Muskels abgibt. Bewegt man die Glasscheibe, während der Stift anliegt und der Muskel in Ruhe ist mit einer constanten Geschwindigkeit vorbei, so wird der Muskel vermittelst seines Stiftes eine gerade Linie auf der Scheibe ziehen. Contrahirt sich der Muskel während des Vorbeiziehens der Glasscheibe, so wird er nicht eine gerade Linie, sondern eine Curve zeichnen, deren Vertikalhöhe die Verkürzung der Curve, bezogen auf die gerade Linie, die der ruhende Muskel gezeichnet hätte, die Verkürzungsgrössen des Muskels in den verschiedenen Momenten der Contractionsdauer, deren horizontale Ausdehnung der Zeit, welche bei dem Vorüberziehen der Glasscheibe verfliesst, proportional ist. Kennt man die Geschwindigkeit, mit welcher die Glasscheibe vorbeizieht, so dass man angeben kann die Hälfte, ein Drittel oder irgend ein bestimmtes Theil derselben bedarf zu seiner Vorbeibewegung am Stifte eine bestimmte Zeit  $t$ , so ist daraus der absolute Werth eines beliebigen Stückes der horizontalen Ausdehnung zu berechnen.

Bei E. du Bois-REYMOND's Myographion wird wirklich eine bewegliche Glasscheibe, wie bei HELMHOLTZ's Myographion dagegen ein beweglicher Glascylinder, der durch eine gleichbleibende Bewegung versetzt wird, an dem Schreibstift vorbeigeführt, der nicht unmittelbar, sondern erst durch eine Hebelübertragung mit dem Muskel in Verbindung steht. Es wird dadurch gesorgt, dass der Schreibstift stets an dem Cylinder schieft und nicht durch die Reibung von ihm abgehoben werden kann. Eine weitere sinnvolle Einrichtung gestattet es, die Zeit, die am Cylinder genau zu bestimmen, an welchem der Schreibstift angekommen ist, den Reiz auf den Muskel wirkte, in Folge dessen die Muskelcontraction eintrat. Dieser Reiz ist von verschwindend kurzer Dauer, der momentane Öffnungsschlag der Rolle eines Magnetelectromotors, weil unter 0.0017 Secunde während

Die Curven, welche mit diesem Apparat gezeichnet werden, haben im Allgemeinen auch unten bei Leitung der Erregung im Nerven folgende Gestalt

Fig. 474



Die Linie  $AB$  die Abscisse der Curve entspricht der Zeit zwischen dem Reizeintritt und dem stattfindenden Contraction bis zum Wiedereintritt der völligen Ruhe bei  $B$ . Die  $CD$  ist



itte der Abscisse betragen etwa 0,03—0,04 Secunden. Die Curve gibt die Höhe an, bis welcher in jedem Zeitabschnitte der Muskel sich verkürzte, das Maximum der Verkürzung auf den Punkt *a*, bis zu welchem die Curve rasch ansteigt, und von dem sie wieder weit rascher abfällt, um endlich nach einer Reihe von kleineren Auf- und Abwärtsschwankungen in der Abscisse zurückzusinken. Die letzteren Curvenabschnitte, ihre Hebungen und Senkungen stellen keine neu eingetretenen schwächeren Contraktionen, sondern sind Wirkungen der Contractilität des Muskels, der durch das Gewicht des Hebelapparates, das an ihm lastet, gezwungen wird.

Abgesehen davon lehrt die Beobachtung, dass unserer Voraussetzung entsprechend die Contraction des quergestreiften Muskels in dem kurzen Zeitraum des Bruchtheiles einer Secunde in etwa 0,8 Secunde ganz dieselben Phasen zeigt, die wir an den glatten Muskelfasern beobachten können. Auch hier vergeht nach der Einwirkung des momentanen Reizes eine Zeit, in welcher der Muskel noch in seinem ruhenden Zustande verharret, die Reizung noch in ihren Wirkungen latent — Zeit der latenten Reizung. Diese latente Reizung dauert etwa 0,04 Secunde. Erst jetzt beginnt der Muskel seine Contraction, welche rasch das Maximum erreicht, um von da wieder nachzulassen und endlich ganz zu verfließen. Der Herzmuskel, die Muskeln der Schildkröte geben sehr gedehnte Zuckungen, ihre Zuckung läuft sehr langsam ab. Kälte und Ermüdung verzögern den Verlauf der Muskelzuckung (VALENTIN u. v. A.). HELMHOLTZ bestätigte sein Resultat noch mit einer anderen Methode, wobei er die Zeiten nach der sogenannten POUILLET'schen Methode bestimmte.

VOLKMANN gab an, dass der Zuckungsvorgang im horizontal liegenden Muskel ganz in derselben Weise vor sich gehe, wie im aufgehängten. Nach KÜHNLE behält dagegen der Muskel, wenn er auf Quecksilber liegt, sonach gar nicht, auch nicht durch sein eigenes Gewicht beeinflusst, ungefähr die Form der höchsten Verkürzung bei.

**Tetanische Muskelzuckung.** — Die mitgetheilten Thatsachen lehren uns, dass der Verlauf der einfachen Contraction der animalen Muskeln ungemein rasch verläuft; es kann durch ihn ein Gewicht gehoben werden, aber die Leistung, welche so rasch eintritt, auch ebenso rasch wieder vorüber. Diese fast blitzschnellen Contraktionen können es aber nicht sein, mit Hülfe deren der menschliche Körper Lasten hebt und sich selbst in jedem Schritt vorwärts bewegt. Zu all diesen Leistungen bedarf es weit länger andauernde Contraktionen als die sind, deren Verlauf das Myographion uns aufgezeichnet hat. Man ist im Stande, auch solche langdauernde, tetanische Contraktionen an ausgetretenen Muskeln hervorzurufen, wie die, mit deren Hülfe der thierische Organismus lebt. Lässt man nicht nur einen rasch vorübergehenden Reiz auf den Muskel einwirken, sondern lässt man eine Anzahl von Reizen (electrische Schläge z. B.) sich so rasch folgen, dass die vom ersten hervorgerufene Zuckung beim Eintritt des zweiten noch nicht das Maximum erreicht hat, so setzen sich die Einzelerfolge der Reize zusammen, und es entsteht eine längere und länger andauernde Zuckung: **Tetanus**. Die Wirkung des zweiten Reizes erfolgt also (HELMHOLTZ), als ob die Länge, welche der Muskel unter der Einwirkung des ersten Reizes bereits erlangt hatte, seine natürliche wäre, so dass er sich noch um einen entsprechenden Bruchtheil dieser Länge verkürzt. Selbstverständlich nimmt dieser Verkürzungszuwachs mit jeder folgenden einem folgenden Reiz entsprechende Verkürzung ab, schliesslich nimmt der Muskel eine konstante, dem Tetanus entsprechende Form an, welche durch grössere Dicken und geringere Längenausdehnung sich von der Form des einfach contrahirten Muskels unterscheidet.

Während des Tetanus ist der Muskel im Stande, eine gewisse Zeit hindurch ein Gewicht einer bestimmten Höhe zu halten oder einen länger andauernden Zug auf einen Hebel auszuüben, so dass dieser in einer bestimmten Stellung, so lange die tetanische Contraction besteht, verharren kann. Die tetanische Contraction charakterisirt sich als eine Reihe von Zuckungen. DU BOIS-REYMOND hat durch den unten zu besprechenden »secundären Tetanus« den Beweis für diese Annahme geliefert. Derselbe bemerkte zuerst, dass ein vom

Rückenmarke aus tetanisirtes Thier (Frosch) ein tiefes Geräusch hören lässt, d (Schwingungszahl) hier unabhängig von dem Ton der Feder des electrischen Tet rates ist. Dieser Ton beruht auf dem »Muskelton oder Muskelgeräusch tetanisirte Muskeln hören lassen (WOLLASTON). HELMHOLTZ zeigte, dass die Schwi des Muskeltons (bei Tetanus durch Inductionsströme) gleich ist der Zahl der in d erfolgenden Reizungen. Der willkürlich tetanisirte Muskel zeigt einen ko Muskelton, den man am einfachsten Nachts bei verstopften Ohren bei der Cont eigenen Kaumuskeln hört, der Ton macht 19,5 Schwingungen in der Secunde. die Zahl der von den motorischen Centralorganen willkürlich zum Zweck des T gehenden Reizungen 19,5 in der Secunde (HELMHOLTZ). Nach HAUGHTON soll der er ton gleichfalls ein gewöhnlicher Muskelton sein. Man kann die Schwingungen d die dem Muskelton entsprechen, dadurch sichtbar machen, dass man sie auf eine gende Feder überträgt. KRONECKER und STIRLING haben die Unterschiede consta RANVIER bei dem Tetanus rother und blasser Kaninchenmuskeln gefunden hat. Muskel bedarf 10, der blasse 20—30 Reize in der Secunde, um in vollkommenen fallen. Bei 22,000 Inductionswechselströmen in der Sekunde verfällt der Triceps Frosches noch in Tetanus, die obere Grenze der Reizfrequenz, jenseits welcher k mehr entsteht, liegt sonach noch höher.

Reizt man eine beschränkte Stelle eines Muskels (electrisch), so pflanzt sich Stelle aus die Erregung auf die ganze Länge des Muskels fort (KÜHNE) mit einer Ge keit von etwa 0,8—1,2 m in der Secunde nach AEBY und v. BEZOLD, nach BERNSTEIN diese Fortpflanzung der Erregung im Muskel sinkt, wie die Contraction digkeit, mit sinkender Temperatur. Die Contraction der gereizten Faser unter dem Mikroskop als Welle über den flüssigen Inhalt des Muskelschlauch (KÜHNE).

Bei ausgeschnittenen Muskeln oder bei extremeren Graden der Ermüdung ( durch Ueberanstrengung oder durch Krankheit auch am lebenden Individuum bleibt dagegen nach einem lokal angebrachten Reiz die Contraction auf die dir Stelle beschränkt. Man kann durch Klopfen mit dem Finger, durch Schlag mit eine stiel eine wulstige Hervorragung der Muskeln durch örtliche Verkürzung und erzeugen: SCHIFF's idiomuskuläre Contraction. Auch bei lebensfrisch sieht man beim Lebenden auf starke lokale Reizung neben der Allgemeincontr eine Hervorwulstung der direct mechanisch gereizten Stelle eintreten. Hier haben nächst mit einem lokal sehr bedeutend gesteigerten Blutzufluss zu der gereizt thun, wie man bei mechanischer Reizung einer beschränkten Stelle der Hei des Frosches, z. B. durch Berühren mit einer Pincette, direct anschaulich m (J. RANKE).

Nach E. WEBER's Theorie können wir uns die mechanischen Veränderungen der Muskel bei dem Uebergang aus dem ruhenden in den thätigen Zustand b Zuckung erleidet, so vorstellen, dass dem gereizten Muskel durch den auf ihn Reiz, welcher eine innere chemische und mechanische Verände Muskels plötzlich herbeiführt, durch Veränderung seiner elastischen eigene natürliche Form zukommt, die sich von der natürlichen Form de Muskels durch geringere Länge und grössere Dicke auszeichnet, gleichzeitig ist Muskel weniger elastisch (S. 704). Bei dem Uebergang in den thätigen Zust der unbelastete Muskel z. Thl. mit Verwendung elastischer Kräfte aus de ruhenden in die neue Form des thätigen Muskels, nicht anders als ob er über Form hinaus bisher gedehnt gewesen wäre. Ist der ruhende Muskel durch ein G dehnt, so zeigt er sich nach dem Uebergang in die thätige Form nach seinen neu tätsverhältnissen entsprechend gedehnt, er verkürzt sich daher weniger als de gereizte. Da sich der Tetanus aus summirten Einzelzuckungen zusammenset m. m. das für die Einzelzuckung Gesagte auch für ihn gelten.

## II.

## Die Chemie des Muskels als Bedingung seiner Lebenseigenschaften.

## Der Muskel als Kraft-productirendes Organ.

Der Muskel ist das Kraft-productirende Organ für die mechanischen Leistungen des Organismus, seine Bestandtheile sind das »Heizmaterial« der animalen Arbeitsmaschine.

Im Gegensatz zu diesem Satze steht die Meinung, dass die Muskeln wie der Stempel, Hebel und Räder einer Dampfmaschine nur Uebertragungsmechanismen einer an einem anderen Orte erzeugten Kraft seien. Einer älteren Zeit lag diese Meinung nahe, dass die Kraftquelle für die Muskelaktionen in den Centren des Nervensystems gelegen sei. Die Nerven sollten die erzeugte Kraft dem Muskel zuleiten, der sie mit Hülfe des Skelets zu regelmässigen Bewegungen und Arbeiten verwendet. Die Meinung war widerlegt, als man fand, dass der Muskel auch noch zuckungsfähig bleibt, wenn er Rückenmark und Gehirn getrennt ist. Besser wissenschaftlich begründet ist die andere Behauptung, dass die Kraftquelle für die Muskelaktion im Muskel zu suchen sei, dass der Muskel die durch den Stoffwechsel des Blutes erzeugte Kraft zu seinen Aktionen verwende. Im Blute hätten wir also gleichsam den Heizapparat der Dampfmaschine; die Muskelaktion, die in einer abwechselnden Verkürzung und Verlängerung beruht, würde sich mit den ebenfalls eintretenden Bewegungen des Auf- und Niedergehens des Stempels vergleichen lassen, während das Knochengerüst den eigentlichen Arbeitsmechanismus der Maschine entspräche. Die Nerven hätten dann die Aufgabe, durch ihren Anpressen der Ventile, welche die im Blute erzeugte Kraft (Wärme?) von dem ruhenden Muskel (dem Uebertragungsmechanismus) abhalten, zu öffnen, so dass diese nun zur mechanischen Muskelarbeit verwendet werden kann.

Die Annahme, dass der Muskel nur der Uebertragungsmechanismus der im Muskel erzeugten Kraft sei, ist mit dem Nachweis entkräftet, dass die auf Stoffwechsel beruhende Krafterzeugung im Blute eine verschwindend kleine ist (PFLÜGER), und dass ausgeschnittene und vollkommen blutfreie Muskeln noch zuckungsfähig sind. Doch lehren meine Beobachtungen, dass, wenn der Muskel auch blutfrei noch Arbeit zu leisten vermag, er dann, wenn ihm Blut zur Verfügung steht, auch Spannkraft aus dem zur Arbeitsleistung verwendet. Es zeigt sich, dass ein blutreicher Muskel weit mehr Arbeit leisten kann, als ein blutfreier. Dazu ergibt sich, dass das Blut während der Muskelaktion wesentliche Veränderungen erleidet. Das Blut (vom Frosche) verliert durch übermässige Muskelaktion (Tetanus des Thieres) seine stark alkalische Reaktion und wird neutral oder schwach sauer. Die procentische Menge der in ihm enthaltenen festen Stoffe nimmt dann nicht unbeträchtlich zu, während der Wassergehalt entsprechend abnimmt. Vom Gesichtspunkte, dass der Muskel vom Blute in normalen Verhältnissen sein Heizmaterial und Sauerstoff bezieht, ist die Beobachtung, dass die Anwesenheit von Blut die Arbeitsfähigkeit des Muskels steigert, verständlich ohne Zweifel.

die Annahme, dass das Blut die freien Spannkraft selbst zuführt, welche Muskel zur Arbeit verwendet. Das Blut gibt Stoffe mit Spannkraften an Muskel ab, die dieser verwendet.

### Der chemische Bau des Muskels.

#### Muskeleiweissstoffe.

Die quergestreifte Muskelfaser umschliesst mit einem elastischen Schlauche, dem Sarkolemma, den activ contractilen Inhalt.

Man glaubte früher, dass das Sarkolemma aus elastischer Substanz bestehe. Das löst sich aber, wenn auch langsam, in Alkalien und Säuren, sowie im Magensaft, so dass offenbar der leimgebenden Substanz näher steht. Eine chemische Scheidung der optisch verschieden verhaltenden Substanzen des contractilen Muskelfaserinhaltes ist noch nicht gelungen. BRÜCKE fand, dass die doppelt-lichtbrechenden »Fleischprismen« unter Einwirkung von sehr verdünnten Säuren ihre optischen Eigenschaften verlieren, sie quellen auf. Dasselbe erfolgt durch Alkalien und Kochen. Alkohol verändert sie nicht. — Der Inhalt der Muskelfaser, die contractile Substanz, ist eine Art von Flüssigkeit. Nach KÜHN kann man bei der Muskelflüssigkeit wie beim Blute zwischen Plasma und Serum unterscheiden, welches letztere nach einer freiwilligen Gerinnung eines Eiweissstoffes aus dem Plasma zurückbleibt.

Das Muskelplasma wird am besten aus frischen gefrorenen Froschmuskeln, aus denen man das Blut entfernt hat, gewonnen. Sie werden bei  $-70^{\circ}\text{C.}$  im kalten Mörser zerrieben und dann in einer Presse gepresst. Es fliesst eine Flüssigkeit ab, die durch eiskalte Leinwand filtrirt werden kann. Das Filtrat ist das Muskelplasma, schwach gelblich gefärbt, etwas alkalisch reagirend. Es reagirt deutlich alkalisch (zeigt aber auch schwache Wirkung auf Lackmuspapier: amphichromatisch). Beim Stehen in der Zimmerwärme gerinnt das Muskelplasma, es scheidet sich Myosin ab. Während der Gerinnung ändert sich Anfangs die alkalische Reaktion nicht. Das Myosin ist eine gallertige, durchsichtige Masse, Kälte verfestigt die Myosingerinnung, Wasserverdünnung, verdünnte Säuren regen sie sogleich an. In Kochwasserlösung von  $100^{\circ}$  ist das Myosin löslich, man kann es damit aus jedem Fleische ausziehen. Verdünnte Säuren lösen das Myosin und verwandeln es in Syntonin. Die saure Syntoninlösung koagulirt nicht beim Kochen. Syntonin lässt sich aus allen Eiweisskörpern und Organen darstellen.

Das Muskelserum ist die Flüssigkeit, welche nach dem Ausscheiden des Myosins zurückbleibt. Bei  $0^{\circ}$  aufbewahrt, behält es seine ursprünglich alkalische oder alkalische Reaktion bei, ebenso, wenn es rasch auf  $45^{\circ}\text{C.}$  erwärmt wird. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur wird das Muskelserum bald sauer. Auf  $45^{\circ}\text{C.}$  erwärmt, scheidet sich ein Eiweisskörper aus, der nicht Myosin ist. Ausser diesen beiden Eiweissstoffen enthält der Muskelsaft noch einige weitere. Der eine davon ist Kalialbuminat (Casein), welches sich auf minimalen Zusatz von Essigsäure oder Milchsäure ausscheidet. Die Ausscheidung erfolgt aus dem Muskelserum beim Stehen in gewöhnlicher Temperatur von selbst, es bildet sich Fleischmilchsäure, welche das Kalialbuminat fällt. Der zuerst entstehende Theil von Milchsäure verbindet sich mit einem Theile der Basen des Muskelsaftes zu sauren Salzen. Dadurch werden alle im Muskel enthaltenen Salze in saure Salze übergeführt. Vor Allem wird aus dem im Muskelsaft sehr reichlich vorhandenen phosphorsauren Kali, indem sich ein Atom Kali mit Milchsäure vereinigt, milchsaures Kali und saures phosphorsaures Kali gebildet. Die Milchsäure betheiligt sich anfänglich nicht direct an der alkalischen Reaktion des Muskelsaftes. Die saure Reaktion im Muskel rührt im Anfang ihres Auftretens vor Allem von dem sauren phosphorsauren Kali her. Das Kalialbuminat ist in saurem phosphorsaurem Kali löslich, bei  $35^{\circ}\text{C.}$  fällt es heraus. Erst wenn so viel Milchsäure entsteht,

Ein Ueberschuss davon frei im Muskelsafte sich vorfindet, fällt bei niederen Temperaturen Albuminat nieder. Es kann daher schon saure Reaktion im Muskelsafte sein, weisssfällung entsteht. Neben den genannten Albuminaten enthält der Muskelsaft nicht unbeträchtliche Menge von Serum-eiweiss, welche durch Erhitzen aufkoagulirt werden kann.

hat den Nachweis geführt, dass die genannten Eiweisskörper im Muskelsafte gelöst sind, der Muskelsaft scheint, wie oben gesagt, eine wahre Flüssigkeit, in welcher als Prismen die Fleischprismen in regelmässiger Anordnung schweben. Welche Kräfte die Prismen in ihrer Lage erhalten, ist noch nicht erforscht. KÜHNKE sah einen wurmparasiten (*Myoryktes Weismanni*) in einer lebenden Muskelfaser sich durch die Fasern, diese verdrängend, hin bewegen, was nur in einer wahren Flüssigkeit möglich ist. Die verdrängten Fleischprismen kehrten hinter dem Parasiten wieder in ihre regelmäßige Stellung zurück. Die Lösung des Muskelplasmas ist nicht sehr concentrirt; der Muskel der Säugethiere enthält etwa 25% feste Stoffe, die in 75% Wasser gelöst sind.

In den genannten Eiweisskörpern findet sich im Plasma der gefärbten Muskeln (S. 39, 396) ein rother Farbstoff, der sich nach den neuesten Beobachtungen mit dem Haemoglobin chemisch und physikalisch identisch erweist.

OWSKY und J. MUNK haben aus blutfreien Muskeln ein zuckerbildendes Ferment gewonnen (cf. unten bei Glycogen S. 708). Blutfreie Muskeln enthalten nach BRÜCKE ein eiweiss verdauendes Ferment: Pepsin. Mit diesem Gehalt an Pepsin steht vielleicht das Vorkommen eines peptonartigen Eiweisskörpers im Zusammenhang, BRÜCKE als einen konstanten Muskelbestandtheil angibt. Es ist nach diesen Funden wahrscheinlich, dass die festen Muskel-Eiweissstoffe, um sich an dem allgemeinen Gährungsprocesse mit betheiligen zu können, sich zuerst in Pepton verwandeln.

## Fleischextrakt.

Untersuchungen LIEBIG's u. A. haben im Fleischsaft eine Reihe von sogenannten Zersetzungsprodukten offen kennen gelehrt, die wir vor Allem als Zersetzungsprodukte aus den Eiweissbestandtheilen ansehen müssen. Man pflegt sie in stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile zu theilen.

Zu den stickstoffhaltigen Bestandtheilen sind Kreatin und Kreatinin zunächst zu rechnen. In dem alkalisch reagirenden Muskelsafte soll das Kreatinin nicht enthalten sein, findet es sich in stark sauren Muskeln. Es findet sich, wie ich bestätigen kann, im Herzfleisch. Der Gehalt des Fleisches an Kreatin beträgt zwischen 0,2—0,4% (NEUWROCKI), im Herzfleisch fand ich den Gehalt von Kreatin im Gegensatz zu den Angaben entschieden geringer, als in der Stammmuskulatur desselben Thieres. Das Herzfleisch enthält, wie gesagt, dort ein Gehalt an Kreatinin, der aber den Ausfall nicht voll deckt.

STRECKER ist das von SCHERER zuerst in der Milz und im Herzfleisch gefundene Xanthin (= Sarkin) ein konstanter Muskelbestandtheil. Mit diesem Körper nahe verwandt ist das auch im Fleischsaft gefundene Xanthin. Die Gesamtmenge von Hypoxanthin und Xanthin im Fleische beträgt im Hundefleische etwa 0,25, im Ochsenfleische 0,45.

REICH und JACOBSEN fanden im Fleische junger Pferde und im Fischfleische Taurin, früher nur als Bestandtheil der Muskeln von Mollusken kannte.

Die saure scheint hier und da im Muskel vorzukommen.

Stickstoff wurde neuerdings im Muskel von PICARD sicher nachgewiesen (S. 576). LIEBIG entdeckte eine stickstoffhaltige Säure: Inosinsäure.

HLASIWETZ' Leitung hat J. WEIDEL einen neuen stickstoffhaltigen, konstanten Be-



standtheil des Fleischextraktes: Carnin nachgewiesen (S. 475), von der Formel:  $C_7H_8N_4O_2$ , es steht in Beziehung zum Theobromin:  $C_7H_8N_4O_2$ , ist also Oxytheobromin. Das Carnin, das Bestandtheil des Caffeins ist ebenfalls sehr ähnlich:  $C_8H_{10}N_4O_3$ .

Unter den stickstofffreien Bestandtheilen des Fleischsaftes steht an Wichtigkeit die Beziehung auf die Säuerung des Muskelsaftes schon besprochene Fleischmilchsäure oben an. Die Fleischmilchsäure entsteht wahrscheinlich in sehr geringer Menge im lebenden Muskel und vereinigt sich mit dessen Basen zu milchsauren Salzen, die von da aus in das Blut übergehen, in welchem die milchsauren Salze als Bestandtheil auftreten. Bei der Säuerung des Muskels im Tode und bei Bewegung zweifelsohne eine gesteigerte Bildung von Milchsäure ein. Nach den Beobachtungen RAYMOND's wird die Milchsäurebildung im Muskel durch die Agentien aufgehoben, welche wir auch die Gährungserscheinungen unterdrückt sehen, durch plötzliches Erhitzen auf  $400^{\circ}C$ . und plötzliche Alkoholeinwirkung. Man darf daraus vielleicht folgern, dass die Milchsäure durch eine Art von Gährung aus irgend einem im Muskel sich findenden Kohlenstoff entsteht, ähnlich wie bei der freiwilligen Säuerung der Milch. Für die Gesammtmenge der freien Säure existirt nach meinen Beobachtungen in jedem Muskel ein Maximum, welches bei jeder Art des Absterbens erreicht wird. Dieses Säuremaximum ist bei verschiedenen Thieren verschieden, grösser in den leistungsfähigeren Muskeln. Auf die Sättigkeitsgrenze der Schwefelsäure für Natron bezogen, fand ich das Säuremaximum im

Katzenmuskel . . . .	0,2720/0
Kaninchenmuskel . . . .	0,225 -
Schweinemuskel . . . .	0,192 -
Froschmuskel . . . .	0,141 -

Hat das Thier (Frosch) vor seinem Tode sehr starke Muskelanstrengung gemacht, so ist das Säuremaximum im Muskel geringer, weil ein Theil der Säure liefernden Stoffe zersetzt und die aus ihnen gebildete Milchsäure in das Blut übergegangen ist.

SCHERER gewann aus dem Fleischextrakte Essigsäure, Ameisensäure und Milchsäure.

Blutfreie Muskeln der Thiere enthalten nach MEISSNER's von mir bestätigter Angabe einen gährungsfähigen Zucker, Fleischzucker, der sich vom Traubenzucker unterscheiden scheint. Er entsteht zweifellos im Muskel selbst. MEISSNER fand ihn in den Fleischtheilen von Thieren, denen er längere Zeit vollkommen zuckerfreie Kost gereicht hatte. Er kommt dem Muskel nicht durch das Blut aus dem hauptsächlich zuckerbildenden Organ, der Leber, zugeführt wird, konnte ich an künstlich entleberten Fröschen zeigen, dass in deren Muskeln ich durch Muskelbewegung, Tetanus, den Zuckergehalt noch steigern konnte. Diese Zuckerbildung im Tetanus tritt auch bei ausgeschnittenen, dem Blutkreislaufe ganz entzogenen Muskeln ein.

SCHERER entdeckte im Fleische eine nicht gährungsfähige Zuckerart (zuerst Inosin), den Inosin.

BERNARD und KÜHNE fanden in den Muskeln von Embryonen Glycogen, das dem Leberglycogen entspricht. M'DONNELL fand es in Muskeln neugeborener Thiere. Nach BRÜCKE, O. NASSE und WEISS kommt es stets im Fleische vor. Wahrscheinlich ist es das von LIMPRICHT und SCHERER aus dem Fleische junger Thiere, namentlich Pferde, gewonnene Dextrin und der Fleischzucker aus Glycogen. Der Glycogengehalt der Muskeln trägt nach O. NASSE 0,85—0,90/0 und wird in analoger Weise nur weniger rasch von den Ernährungsverhältnissen beeinflusst wie das Leberglycogen. Muskelthätigkeit setzt den Glycogengehalt herab (WEISS), während dafür die Zuckermenge im Muskel steigt (J. RANKE, 1860). Auch Unterbindung der Muskelgefässe (bei Kaninchen) setzt die Glycogenmenge herab, während sich die letztere vermehrt zeigt in Muskeln, deren Nerven durchschnitten wurden (CHANDELON). J. MUNK fand, dass sich das »diastatische Ferment des Muskels« (oben) vom Ptyalin dadurch unterscheidet, dass die geringste Menge Säure oder Alkali die Wirkung beeinträchtigt. O. NASSE findet, dass der Uebergang des Glycogens in Zucker

Muskel primär durch  $\text{CO}_2$  gesteigert wird. Es erklärt diese Thatsache vielleicht wenigstens teilweise die Zunahme des Zuckers im tetanisirten Muskel, welcher mehr  $\text{CO}_2$  aufnimmt, als der geruhete (cf. unten).

Die Milchsäure des Fleischsaftes kann wohl aus jedem der vier oben genannten Kohlenhydrate des Fleisches durch Gährung entstehen, doch zeigte LIMPRICHT, dass bei der Gährung des Fleischdextrins gewöhnliche Milchsäure entstand.

Der feste Rückstand der Fleischbrühe besteht nach KELLER's Angaben aus 82,2% anorganischer Salze (S. 172).

Neben den bisher genannten Stoffen enthält jeder Muskel noch eine geringe Menge ungesättigten Fettes, dessen Natur noch nicht vollkommen aufgeklärt ist. Der Fettgehalt der Muskeln zeigt quantitativ bedeutende Schwankungen. Im normalen Herzen beträgt der Fettgehalt der trockenen Muskelsubstanz zwischen 7—13%, bei der sogenannten fettigen Degeneration des Herzmuskels ist eine Vermehrung oft nicht nachzuweisen; der Fettgehalt kann dabei steigen von 10—11,4—16,7% (BÖTTCHER).

Neben diesen Stoffen enthält der Muskel noch Gase und zwar dieselben, wie wir sie in Blutgeweben und Gewebsflüssigkeiten antreffen. Am leichtesten lässt sich der Kohlenstoffgehalt des Muskelsaftes anschaulich machen, der je nach dem physiologischen Zustand des Muskels (Ruhe oder Bewegung) Verschiedenheiten in seinen Mengenverhältnissen zeigt.

Der Muskelsaft enthält auch Stickstoff und Sauerstoff, letzteren in sehr geringer Menge. Das Haemoglobin des Muskels, der Muskelfarbstoff, bindet Sauerstoff und gibt ihn frei, ebenso wie das Haemoglobin des Blutes (KÜHNLE).

Die glatten Muskeln zeigen im Allgemeinen ein analoges Verhalten wie die quergestreiften. E. du BOIS-REYMOND fand ihre Reaktion stets neutral oder alkalisch. SIEGMUND will den kontrahirten Uterus sauer gefunden haben.

### Chemische Vorgänge im ruhenden Muskel.

#### Muskelrespiration.

Die chemische Muskelzusammensetzung ist wie die aller Zellen und Zellengruppen beständigen Schwankungen unterworfen. Schon während des ruhenden Zustandes finden fortwährend auf innere Oxydationen deutende Stoffveränderungen statt. Man fasst die in dieser Richtung bekannt gewordenen Erscheinungen, die sich auf den Gaswechsel des Muskels beziehen, unter dem Namen der Muskelrespiration zusammen. Eine Anzahl der hierher gehörigen Verhältnisse hat schon bei der »inneren Athmung« (S. 531) und in der »Biologie der Zelle« (S. 93 f. und 120 f.) Erwähnung gefunden.

Die Muskelrespiration besteht im Allgemeinen aus einer Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels. Diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des lebenden Muskels zeigt sich darin, dass das hellrothe Arterienblut aus den ruhenden Muskeln dunkel gefärbt, venös zurückkommt, wie das Blut aus den übrigen Organen. Die Veränderung besteht in einer Verminderung des Sauerstoff- und Vermehrung des Kohlensäuregehaltes des Blutes, sie tritt ein, wenn man einen frisch ausgeschnittenen Säugethiermuskel künstlich mit Blut durchströmt (LUDWIG u. A.). Schon AL. v. HUMBOLDT hatte gezeigt, dass ausgeschnittene Froschmuskeln im Sauerstoff länger ihre Lebenseigenheiten behalten, als in anderen sonst nicht giftigen Gasen, zum Beweise, dass der fortgehender Wechselverkehr des Muskels mit der Oxydationsquelle zur Erhaltung seines Lebens unumgänglich nöthig ist. E. du BOIS-REYMOND und

G. von LIEBIG jun. haben gefunden, dass die Muskeln dabei Kohlensäure den. Auch in anderen Gasen als im Sauerstoff geben die Muskeln lang Kohlensäure ab, auch nachdem das sauerstoffhaltige Blut aus fassen ausgespritzt ist. Ich habe mit DAXENBERGER die physiologische dieser Muskelrespiration wieder festgestellt, als sie durch L. HERR (Sommertemperatur, cf. unten, angestellte) Versuche zweifelhaft zu werden.

Ausser der Respiration findet sich im ruhenden Muskel: eine Milchsäureproduktion. Der Muskelsaft reagirt bei gesunden Muskeln schwach alkalisch oder neutral (E. du Bois-REYMOND). Lässt ausgeschnittenen Muskeln einige Zeit liegen, so geht die neutrale Reaktion in eine saure über, die schliesslich so stark werden kann, dass Lakmuspapier vom Muskelsafte lebhaft geröthet wird. Offenbar findet Säurebildung auch im unversehrten Organismus, doch wird sie durch die Wirkung der alkalischen Säfte: Blut und Lymphe, welche den Muskel umspülen und die gebildete Säure neutralisiren. Im ausgeschnittenen Muskel sind diese alkalischen Säfte nur in begrenzter Menge vorhanden, sie neutralisirt, so tritt die Reaktion in Erscheinung.

So finden wir denn schon im ruhenden Muskel Kraftquellen: 1) Stoffabsorption und Kohlensäureproduktion, beruhend auf organischen Reaktionen, 2) Spaltungen (die Entstehung der Milchsäure), 3) Neutralisierungen, wodurch lebendige Kräfte frei werden müssen.

Wir finden im ruhenden Muskel Kräftewirkungen, die auf jene zurückzuführen sind. Es sind dies die gesetzmässig eintretenden electrischen Ströme, die uns E. du Bois-REYMOND kennen gelehrt haben. Ob auch Wärme bei der Oxydation im ruhenden Muskel gebildet wird, ist noch nicht sicher erwiesen, so wahr es auch ist, dass nach den mechanischen Gesetzen die frei werdende Energie nicht alle in eine andere Kräfteform übergeführt werden können.

Bei ausgeschnittenen Muskeln mischen sich mit dem noch fortgehenden physiologischen Stoffumsatz auch jene oben S. 477 erwähnten freiwilligen chemischen Veränderungen des Fleisches, die schliesslich zur Fäulniss führen. Bei den physiologischen Beobachtungen müssen diese letzteren Einflüsse durch niedere Temperatur beseitigt werden (J. RANKE). Bei höheren Temperaturen wirkt die unter der Sauerstoffwirkung stattfindende beginnende Fäulniss so bedeutend, dass sehr dünne Froschmuskeln, wie der *Musc. sartorius* des Frosches eine sehr grosse Oberfläche besitzen, in der sie sogar kürzer ihre Lebenseigenschaften behalten als in indifferenten Gasen, z. B. in Stickstoff (L. HERMANN, J. RANKE), dasselbe fand ich für ausgeschnittene Froschnerven. Bei dickeren Muskeln bleibt dagegen die Beobachtung HUMBOLDT's bestehen. Unsere Versuche ergaben weiter: der Vorgang der physiologischen Sauerstoffaufnahme steigt nicht mit der Temperatur, fällt bei dem Muskel mit der Zunahme der Temperatur, bis er bei einer bestimmten Temperatur, bei welcher der Muskel abstirbt, fast oder vollkommen der experimentellen Beobachtung verschwindet. Die Fäulnissaufnahme des Sauerstoffs steigt dagegen mit der Temperatur. Die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des ausgeschnittenen Muskels ist also eine ziemlich verwickelte Function der Temperatur.

## Chemische Vorgänge im thätigen Muskel.

Die Krafterzeugung während der Thätigkeit des Muskels beruht, wie alle Erzeugung im Organismus überhaupt, im letzten Grunde auf einer Steigerung der uns bekannten chemischen Kraft-liefernden Vorgänge (zunächst im Muskel selbst, S. 443, 445). In zweiter Linie wirken auch gewisse physikalische Veränderungen mit, welche sich aber ebenfalls auf chemische Ursachen zurückführen lassen. Auch von Seiten des Blutes, das dem Muskel zuströmt, ist, wie wir sahen, eine Betheiligung statt.

MATTEUCCI und VALENTIN fanden zuerst, was in der Folge vielfach constatirt wurde, dass der (isolirte) thätige Muskel mehr Kohlensäure aushaucht, als ruhende, man fand Hand in Hand mit dieser gesteigerten Kohlensäureabgabe eine vermehrte Sauerstoffaufnahme aus der Atmosphäre. Als in später Zeit diese letztere Angabe bestritten wurde, bewies LUDWIG mit SCZELKOW und A. SCHMIDT, dass der (isolirte) thätige Säugethiermuskel, den sie stündlich mit Blut durchströmen liessen, dem Blute mehr Sauerstoff entziehe, als der ruhende, SCZELKOW constatirte mit DANILEWSKY das gleiche Verhältniss auch für den ausgeschnittenen Froschmuskel, so dass nun die grössere Sauerstoffaufnahme des Muskels bei seiner Aktion gleichzeitig mit seiner durch Untersuchung des Muskelblutes nachgewiesenen gesteigerten Kohlensäureabgabe steht. Alle lebenden Gewebe entziehen dem Oxyhämoglobin des Blutes Sauerstoff. Tetanisirte Froschmuskeln thun das aber in viel höherem Grade als ruhende (PREYER und SCHMIDT), wie überhaupt ihr Reduktionsvermögen nach PREYER's mehrfach bestätigten Angaben ein höheres ist. E. DU BOIS-REYMOND fand, dass der Muskel bei der Thätigkeit seine neutrale oder schwach alkalische Reaktion in eine saure umwandelt, was auf dem Auftreten von Fleisch-säure im Muskelsafte beruht.

Der Muskel verbraucht zum Zwecke seiner Thätigkeit von seinen eigenem Bestandtheilen.

Es werden durch die Thätigkeit des Muskels folgende Muskelstoffe verändert: die Gesamteiweissstoffe (J. RANKE, NAWROCKI, DANILEWSKY), das Blutwasserextrakt (HELMHOLTZ, J. RANKE, NIEGETIET und HEPNER), die Milch-säure bildenden Stoffe (J. RANKE), die Kohlensäure bildenden Stoffe (J. RANKE). Ein ausgeschnittene Muskel bildet nach der Muskelaktion weniger Milchsäure und Kohlensäure als nach längerer Ruhe), das Glycogen (WEISS), die flüchtigen Säuren (SCZELKOW), Kreatin und Kreatinin (VOIT).

Dieser Stoffverbrauch spricht sich, wie aus dem Gesagten hervorgeht, theilw. zunächst darin aus, dass gewisse Stoffe, die als Stoffwechselprodukte der Muskelsubstanz erscheinen, im thätigen Muskel sich vermehrt finden. Dies entspricht nachgewiesenermassen dem Verbrauch der Milchsäure bildenden Stoffe im Muskel eine Mehrbildung von Milchsäure bei der Muskelaktion. Das gleiche habe ich auch von den Kohlensäure bildenden Stoffen im Verhältniss zur Kohlensäureaushauchung des Muskels gefunden. So deutet also auch die nachgewiesene Vermehrung des Alkoholextraktes des Muskels durch die Thätigkeit (HELMHOLTZ, J. RANKE, NIEGETIET und HEPNER), die Vermehrung des Aether-extraktes (J. RANKE), des MEISSNER'schen Muskelzuckers (J. RANKE) auf eine

Verminderung der betreffenden Muttersubstanzen, bei letzterem Stoff Verminderung des Glycogens. DANILEWSKY fand im Alkoholextrakt des Muskels mehr Stickstoff als in dem der ruhenden, was er auf einen Verbrauch unter Bildung stickstoffhaltiger Zersetzungsprodukte bei der Phosphorgehalt des Extraktes schien ihm vermehrt, der Schwefelg mindert.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass sich nach den Resultaten der Untersuchung an dem gesteigerten Stoffumsatz des Muskels alle Stoffgruppen betheiligen, welche überhaupt im Muskel vorkommen (J. RANKE):

- 1) Albuminate (vielleicht z. Thl. als Fett bildende Stoffe),
- 2) krystallisirbare, stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte der Alkreatin und Kreatinin,
- 3) Milchsäure bildende und Zucker bildende Stoffe, von diesen nach dem Alter des Muskels das Glycogen,
- 4) flüchtige Fettsäuren oder flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe, zum Theil Fette.

An der Kraftproduktion des thätigen Muskels betheiligt sich auch das Blut, so lange die Blutcirculation im Muskel erhalten ist. Der thätige Muskel ist im Stande, eine grössere Gesamtarbeit zu leisten als der ruhende (J. RANKE). Ueberdies strömt zu dem thätigen Muskel im lebenden Organismus wie zu allen thätigen Organen eine grössere Blutmenge (cf. Blutversorgung) so dass dem Muskel in Folge des Thätigkeitswechsels während seiner Thätigkeit gesteigertes Blut zum Stoffwechsel zu Gebote steht.

Die Betheiligung physikalischer, lebendige Kraft produzierender Momente an der Muskelaktion ist eine mehr indirecte. Die elastischen Umsetzungen, welche die Kraft der Muskeln liefern, werden zum Theil erst in dem Augenblicke gemacht, in welchem die Muskelcontraction beginnt, es findet eine Ansammlung von Kraftvorrath statt. An der allgemeinen Kraftproduktion des arbeitenden Muskels betheiligen sich Spannkraft, welche durch physikalische Veränderungen der Organstructur der Muskelfaser frei und verwendbar werden. Das normale physikalische Verhalten des ruhenden Muskels wie seine Elasticität und Dehnbarkeit, seine Imbibitionsfähigkeit, sind als Folgen seines normalen Stoffumsatzes in diesem Zustande aufzufassen.

In der Kohäsion der Moleküle des ruhenden Muskels ist eine Kraft aufgespeichert, welche durch (plötzliche) Veränderung in Folge der Einwirkung (Säuerung in Folge der Nervenaktion) ausgelöst werden kann. Die stärkere Dehnbarkeit des contrahierten Muskels, die ebenfalls nachgewiesene höhere Imbibitionsfähigkeit (J. RANKE), beweist uns, dass bei der Muskelaktion wirklich Veränderungen in der Kohäsion eingetreten sind. Die Imbibition selbst liefert Kräfte zur Muskelaktion mit Verwendung finden können.

Unter die physikalischen Aenderungen des Muskels, welche zur Kraftproduktion Verwendung finden können, rechnet C. VOIT auch die negative Schwankung der



etrität. Er fasst diese dabei im Gegensatze zu E. DE BOIS-REYMOND'S Theorie als eine Abnahme der Kraft der »electromotorischen Moleküle« auf.

Früher glaubte man aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen Schlüsse auf die Veränderungen des Muskelstoffwechsels bei der Muskelaktion machen zu dürfen. Die Feststellung des Thätigkeitswechsels der Organe (J. RANKE) machte diese Versuche illusorisch. Es zeigte, dass die bei Muskelaktion etwa zur Beobachtung kommenden Veränderungen des Stoffwechsels nur in secundären Veränderungen der Hauptstoffwechselbedingungen ihren Grund haben. An Arbeit nicht gewöhnte oder arbeitgewöhnte animale Organismen bei übermässigen Leistungen zeigen mit der Muskelaktion eine Steigerung der Athmung und Herzthätigkeit, welche mit einer Steigerung des Gesamtstoffwechsels einhergeht, die aber selbstständig mit der geleisteten Arbeit in keinem directen Verhältnisse stehen muss. Ist die Gleichung der Blutvertheilung bei dem »Thätigkeitswechsel der Organe« eine möglichst vollkommene, wie es bei der gewöhnten täglichen Beschäftigung der Fall ist, so wird der Gesamtstoffwechsel durch die Arbeit nicht wesentlich gesteigert; tritt dann ein Ruhetag ein, so kann die Arbeit der Verdauungsdrüsen fast vollkommen für die der Muskeln eintreten, so dass zwischen Arbeits- und Ruhetag kaum ein merkbarer Unterschied in dem Stoffwechsel auftritt. Daher sind die Versuchsergebnisse wechselnd. C. VOIT hat ein annäherndes Gleichbleiben des Gesamtstickstoffumsatzes bei Ruhe und Thätigkeit der Muskeln für einen Hund und einen Arbeiter für einen grösseren Zeitraum gefunden. F. SCHENK fand bei einem an sich selbst angestellten Versuchsreihen in der ersten eine nicht unbeträchtliche Steigerung der Harnstoffausscheidung in Folge der Arbeit und zwar im Mittel von 46,2 auf 52,5, in der zweiten Reihe dagegen keine bemerkbare Veränderung des Stickstoffumsatzes. F. W. SCHWAB beobachtete an einem Wettkämpfer während der Marschtage eine bedeutende Mehrausscheidung von Harnstoff im Verhältniss zu den Ruhetagen, jedoch ohne genaue Controlle der Umgebungsverhältnisse: Stickstoffabgabe in der Ruhe 19,79, bei Arbeit 34,21. Die Mehrabgabe stickstoffhaltiger Stoffe bei Arbeit kann aber auch hier bei weitem nicht die geleistete mechanische Arbeit erklären. Die gesammte dadurch mehr frei gewordene Spannkraft entspricht nach PAVY noch nicht der Hälfte der geleisteten Arbeit. ARSTIN folgte einem anderen Ideengang. Er bestimmte das Verhältniss des täglich eingenommenen Stickstoffs zu dem in den Excreten (Harn und Koth) ausgeschiedenen. In fünf Ruhetagen fand er ein Verhältniss bei dem Schnellläufer Weston vor dem Lauf im Mittel 100:86,58; in fünf Arbeitstagen nach dem Lauf 100:77,03, im Mittel der fünf Arbeitstage aber 100:443,98. Es trat danach eine Vermehrung des Stickstoff-Ausscheidungsverhältnisses um etwa das Doppelte ein. ARSTIN schreibt nach diesem Ergebniss der Zersetzung der Körpereweissstoffe für die Kraftleistung im Muskel eine hohe Bedeutung zu, dagegen fand H. BRIETZKE an arbeitenden Gelehrten keine Harnstoffvermehrung. Ich u. A. haben gezeigt, dass man eine geringfügige Steigerung in der Stickstoffausscheidung im Harn in Folge von Arbeitsleistung beobachten kann, wenn man nur kleine Zeiträume (Stunden) mit einander vergleicht, die Steigerung tritt meist erst nach der Arbeitsleistung hervor. Die beobachtete Steigerung im allgemeinen Stoffwechsel bei Muskelthätigkeit leitet C. VOIT von indirecten Ursachen her: Steigerung der Respiration und Herzthätigkeit. Es kommt hierzu noch ein weiteres Moment. Während der stark krampfhaften Muskelthätigkeit ist wie die Thätigkeit der Leber (Galleproduktion), so auch die Thätigkeit der Niere vermindert (J. RANKE). Nach der Muskelthätigkeit tritt dagegen bei der Niere eine sehr bedeutende Steigerung der Harnproduktion ein (J. RANKE). (Cf. S. 234 und bei Athmung S. 537.)

Der Nerv erscheint als ein vierter Hauptfaktor des Stoffwechsels. Er regelt den Blutzufluss, den Zufluss von zersetzbarem Material und Sauerstoff zu den verschiedenen Organen, Muskeln, Nerven, Drüsen.

Man hat sich gestritten, ob Eiweissstoffe oder Kohlehydrate und Fette zum Zweck der Muskelaktion zersetzt werden. Nach den jetzigen Versuchsergebnissen ist der Streit ein zweifelhafter, es verbraucht der Muskel von allen seinen Stoffgruppen zum Zweck seiner Aktion.

Die oben erwähnte gesteigerte Imbibitionsfähigkeit des thätigen Muskels macht den normalen Gesamtorganismus thätigen Muskel wasserreicher, als den geruht Muskeln, denen im normalen Verlauf des Lebens mehr mechanische Leistungen zugemut werden: Herz, Beinmuskeln etc., sind wasserreicher als die weniger zur Arbeit verwendeten Rückenmuskeln (J. RANKE, DANILEWSKY).

Analog wie gesteigerte Thätigkeit des Muskels wirkt in chemischer Beziehung die stärkere Muskelspannung (HEIDENHAIN). Dagegen fand SCZELKOW mit DANILEWSKY, dass ausgeschnittener Froschmuskel passiv stark bewegt mehr Sauerstoff aufnehme als ein aktiv contrahirender. Umgekehrt fanden sie die Kohlensäureausscheidung bei dem aktiv bewegenden Muskel weit grösser als bei dem passiv bewegten.

### Ermüdung.

Die sichere Bestätigung, dass es sich um Stoffwechsel, d. h. Sauerstoffzersetzen und organische Oxydationen bei der Krafterzeugung im Muskel und zwar um Zersetzungen und Oxydationen im Muskel selbst handle, ergiebt sich aus den Untersuchungen und Entdeckungen über Ermüdung (S. 420).

Die Ermüdung erfolgt nachgewiesenermassen vor Allem aus zwei Gründen:

- 1) durch Anhäufung von Muskelzersetzungsprodukten, d. h. von erregenden Stoffen im Muskel selbst (J. RANKE), und
- 2) durch Verbrauch des im Muskel abgelagerten, zur Oxydation verwendbar vorhandenen Sauerstoffs (PETTENKOFER und VOIT).

Der Muskel ist, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, nach der Arbeitsleistung ein wesentlich anderer als vor derselben, während der Ruhe. In physikalischen und chemischen Eigenschaften sehen wir ihn verändert, es ist klar, dass diese Umgestaltung nicht ohne Einfluss sein kann auf seine Lebens- und Erregbarkeit. Diese Veränderung aus den angeführten Ursachen trägt den Namen Ermüdung. Alle physiologischen Veränderungen, die man an dem Muskel nach dem Tetanus wahrnimmt, werden unter diesem Ausdrücke zusammengefasst.

Am deutlichsten spricht sich bei der Ermüdung die Herabsetzung der normalen Erregbarkeit des Muskels aus. Dieselbe Reizstärke löst nach einem vorausgegangenen ermüdenden Tetanus weniger Kräfte im Muskel aus, als demselben: die Hubhöhe des ermüdeten Muskels ist eine geringere für ein gleiches Gewicht, die Muskelcurve am Myographion ist flacher, weniger steil ansteigend, es kann der Zustand der Ermüdung sich so weit steigern, dass ein bestimmtes Gewicht mehr gehoben werden kann. Die Ermüdung ist im gesunden, lebenden Organismus ein vorübergehender Vorgang, lässt man den ermüdeten Muskel einige Zeit lang ruhen, so stellen sich dadurch seine für den geruhten Zustand normale Erregbarkeit, seine normalen Eigenschaften wieder her.

Auch bei dem ausgeschnittenen Muskel zeigt sich diese ebenbenannte Erscheinung der Erholung nach Ermüdung.

Wir haben uns diese Wechselwirkung von Ruhe und Thätigkeit in der einfachsten Weise vorzustellen, dass im thätigen Muskel Erregbarkeit-vernichtende, im ruhenden Erregbarkeit-erhaltende oder wiederherstellende Kräfte alternirend thätig sind. Wenn wir eine Muskelthätigkeit lange ohne Ermüdung erträglich finden, so heisst das: den vernichtenden Momenten halten die die Er-

gbarkeit erhaltenden Momente gerade das Gleichgewicht, oder die letzteren überwiegen in ihrer Wirkung.

Unter den ermüdenden, die Erregbarkeit des Muskels herabsetzenden resp. vernichtenden Momenten sind vor Allem die im Tetanus im Muskel sich anhäufenden Säuren, Kohlensäure, Milchsäure und saures phosphorsaures Kali, andere im Muskel entstehende Säuren und saure Salze zu nennen.

Imprägnirt man künstlich einen gut erregbaren Muskel mit diesen Stoffen Einzelnen oder direct mit allen Muskelzersetzungsprodukten (Fleischzähne), so verfällt er momentan in den Zustand extremer Ermüdung, seine Erregbarkeit wird augenblicklich auf ein Minimum herabgesetzt oder ganz vernichtet. Dasselbe findet bei einer normalen Anhäufung dieser Stoffe im Muskel, wie im Tetanus erfolgt, in gleicher Weise statt (J. RANKE).

Die Oxydationsprocesse im Muskel erfahren bei Gegenwart der ermüdenden Stoffe eine wesentliche Aenderung. Bei der Milchsäure scheint es, dass nach ihrer grossen Verwandtschaft zum O den übrigen Muskelstoffen den ihrer Zersetzung nothwendigen Sauerstoff entzieht. Mit der Vernichtung der Leistungsfähigkeit des Muskels wird durch die in den Muskel künstlich eingebrachten ermüdenden Stoffe auch die electromotorische Kraft auf ein Minimum herabgesetzt. Natürlich ermüdete Muskeln zeigen wie jene, die man künstlich mit den genannten Stoffen beladen hat, eine bedeutende Verminderung ihrer ausser wahrnehmbaren electromotorischen Kraft.

Die Veränderungen, welche die ermüdenden Stoffe im Muskel hervorbringen, können wenigstens anfänglich keine wesentlichen sein. Dafür spricht, dass durch die wiederherstellenden Bedingungen ihre Wirkungen wieder aufhören werden können, und vor Allem, dass ein Neutralisiren und Ausschleichen der ermüdenden Stoffe aus dem natürlich oder künstlich ermüdeten Muskel mit Blut oder mit 0,7% Kochsalzlösung, die man mit kohlensaurem Natrium oder Kreatinin schwach alkalisch gemacht hat, von den Blutgefässen aus gelingt, um ihm seine verlorene Erregbarkeit wieder zu ertheilen (J. RANKE, MOEBER bestätigt). Gerade so wirken das alkalische Blut, die alkalische Lauge im normalen Organismus.

Wenn die ermüdenden Stoffe ihre Wirksamkeit theilweise dem Umstande danken, dass sie den Sauerstoff für sich in Anspruch nehmen, so muss die Erregbarkeit trotz der Anwesenheit der genannten Stoffe durch eine vermehrte Sauerstoffzufuhr zum Muskel erhalten bleiben können. Der Beweis ist schon von HUMBOLDT, KRIMER und G. v. LIEBIG geführt worden; sie sahen die Erregbarkeit des Muskels wachsen mit dem Sauerstoffgehalt der den Muskel umgebenden Luft: die Erregbarkeit ist am grössten, wenn sich der ausgeschnittene Muskel in reinem Sauerstoffgas befindet. Im lebenden Organismus erhöhen vermehrtes Athmen, vermehrte Blutzufuhr, wie sie nach gesteigerter Muskelbewegung und schon durch Reizung des Muskels eintreten, die Sauerstoffzufuhr zum Muskel.

Da alle Oxydationsprocesse zu ihrem Zustandekommen einer bestimmten Temperatur bedürfen, so ist die Erregbarkeit des Muskels an das Vorhandensein einer solchen geknüpft; für eine mittlere Temperatur ist die Erregbarkeit am grössten, sowohl mit dem Steigen als mit dem Fallen der Temperatur nimmt

sie ab. Wir haben darum auch die von HELMHOLTZ erwiesene geringe Erhöhung der Temperatur durch die Muskelaktion unter den erhaltenden Momenten anzuführen.

Die bisher angeführten Momente wirken sowohl im ausgeschnittenen als dem noch in seinen normalen Verhältnissen im Organismus befindlichen Muskel. Ein Hauptmoment der Wiederherstellung ist hingegen nur in letzterem gegeben: die Wegschaffung der schädlichen Stoffe durch Circulation, sowohl des Blutes als der Lymphe. Neutralisation ist nicht unbedingt erforderlich. Eine ganz indifferente Flüssigkeit — 0,7% — 4% — genügt, um alle Erscheinungen der natürlichen Ermüdung zum Verschwinden zu bringen, wenn sie in langsamem Strome analog der Circulation des Blutes durch die Adern des Thieres getrieben wird. Das Blut nimmt, während es an den Muskelschläuchen vorüberstreicht, durch Osmose die ermüdenden Stoffe auf und entfernt sie durch die Ausscheidungsorgane aus dem Organismus. (J. RANKE, von KRONECKER bestätigt.)

Es ist kein Zweifel, dass auch der Mangel an solchen Stoffen, welche Tetanus oxydirt werden können, Ermüdung herbeiführen könnte. Einen relativen Mangel in dieser Hinsicht bringt schon die angeführte Wasserzunahme ermüdenden Muskels mit sich. Ich konnte erweisen, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels mit seinem Gehalt an festen Stoffen steigt und fällt, so dass ein Muskel um so leistungsfähiger ist, je reicher er an festen, normalen Muskelstoffen im Zustande der Ruhe gewesen ist. Nach langem Hunger, der die Muskelstoffe verzehrt, nach schlechter Kost, in verschiedenen Lebensperioden Kindheit und Alter —, die mit einer relativ geringen Menge fester Stoffe im Muskel Hand in Hand gehen, nach langer Unthätigkeit, die an Stelle der normalen Muskelstoffe Fette treten lässt, also auch im kranken Zustand der Thiere, findet sich darum eine geringere Leistungsfähigkeit der Muskeln.

Die Versuche v. PETTENKOFER's und C. VOIT's ergeben, dass die Arbeitsfähigkeit des Individuums (ebenso des Muskels) von der Menge des Sauerstoffs abhängig sei, die es vor der Arbeitsleistung in sich aufgespeichert hat.

Bei Reizungsversuchen sieht man bei Kalt- und Warmblütern, besonders so lange der Blutstrom durch den Muskel nicht gestört ist, zuerst ein Ansteigen der Leistungsfähigkeit der Muskeln in Folge der Zusammenziehung, erst auf diese primäre Steigerung folgt die Periode der absinkenden Leistungsfähigkeit (J. RANKE, J. M. ROSSBACH, HARTENECK u. A.). Nur zum Theil bezieht sich diese Erscheinung auf den reichlicheren Blutzufuhr zu den arbeitenden Muskeln, es wird durch die chemischen Vorgänge im Muskel zunächst eine »Hemmung« weggeräumt, d. h. die im ruhenden Muskel in größerer Menge aufgehäuften »ermüdenden Stoffe« theils zerstört und unschädlich gemacht, theils ausgewaschen (cf. das Turnen). — Die Muskeln namentlich warmblütiger Thiere werden durch Perfundirung »unschädlicher« Kochsalzlösung rasch in ihrer Leistungsfähigkeit herabgedrückt; auch Muskeln und Herzen kaltblütiger Thiere büssen nach mehrmaliger Durchspülung ihrer Blutgefäße ihre Leistungsfähigkeit ein. Perfundirt man sie nun mit Serum von Kaninchen oder Lammblood oder mit verdünntem Kaninchenblut (KRONECKER und M'GILL)

kehrt ihre Leistungsfähigkeit zurück; KRONECKER glaubt darin eine Speisung des Froschherzens sehen zu müssen.

Man war bisher vielfach der Meinung, dass der Organismus und der einzelne Muskel den Sauerstoff, welchen er zu seiner Arbeitsleistung (den dazu nöthigen organischen Oxydationen) bedarf, während der Arbeitsleistung direct durch die Athmung beziehe, so dass die während der Beobachtungszeit ausgeschiedene Kohlensäuremenge zugleich auch ein Maass für den in gleicher Zeit aufgenommenen Sauerstoff. Jetzt ist nachgewiesen, dass dem nicht so ist. Der Organismus bezieht seinen zur Arbeit zu verwendenden Sauerstoff nicht während der Arbeit von aussen, er benutzt zu seinen organischen Oxydationen Sauerstoff, welcher schon in seinen Organen in lockeren chemischen Verbindungen gleichsam abgelagert ist. Je mehr der Organismus Sauerstoff in sich aufgespeichert hat, desto grösser ist seine Arbeitsfähigkeit; alles, was die Ansammlung von Sauerstoff in erhöhtem Maasse ermöglicht, fördert, alles, was sie hindert, schwächt die Arbeitsfähigkeit des Organismus. Alles, was über die oxydable Stoffmenge im Organismus gesagt haben, im Verhältniss zur Arbeitsleistung desselben, gilt ebenso auch von dem oxydirenden Stoffe, ohne den auch der oxydable Stoff keinen Nutzen hat (cf. Athmung).

Als Beispiel des Stoffwechsels bei Ruhe und Arbeit führen wir zwei Gesamtstoffwechselbestimmungen von PETTENKOFER und VOIR an einem gesunden Arbeiter an (cf. Athmung S. 66).

## I. Ruhetag.

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff		
Tag (6—6 hor.)	582,9 Gramm	844,4 Gramm	24,7 Gramm	234,6 Gramm	175
Nacht -	878,6 -	488,6 -	15,5 -	474,3 ? -	—
<b>Sammen:</b>	<b>944,5 Gramm</b>	<b>828,0 Gramm</b>	<b>37,2 Gramm</b>	<b>708,9 Gramm</b>	<b>94 ?</b>

## II. Arbeitstag.

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff		
Tag (6—6 hor.)	884,6 Gramm	1094,8 Gramm	20,1 Gramm	294,8 Gramm	218
Nacht -	399,6 -	947,3 -	16,9 -	659,7 ? -	—
<b>Sammen:</b>	<b>1284,2 Gramm</b>	<b>2042,1 Gramm</b>	<b>37,0 Gramm</b>	<b>954,5 Gramm</b>	<b>98 ?</b>

Nach VOIR's nachträglichen Angaben beruht aber die aus den Tabellen ersichtliche geringe Steigerung der Sauerstoffaufnahme in der Nacht auf einem Versuchsfehler. — Da Müdigkeit und Ermüdung manche Berührungspunkte haben, so stehen hier noch zwei Gesamtstoffwechselbestimmungen an Kranken von denselben Autoren.

## Diabetiker.

Tageszeit	Ausgeschiedene				Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff	Zucker		
Tag (6—6 hor.)	359,3 Grm.	308,6 Grm.	29,6 Grm.	246,4 Grm.	278,0 Grm.	94
Nacht -	300,0 -	302,7 -	20,2 -	148,1 -	294,2 -	74
<b>Sammen:</b>	<b>659,3 Grm.</b>	<b>611,3 Grm.</b>	<b>49,8 Grm.</b>	<b>394,5 Grm.</b>	<b>572,2 Grm.</b>	<b>84</b>

## Leukämiker.

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff		
Tag (6—6 hor.)	480,9 Gramm	822,1 Gramm	15,2 Gramm	346,2 Gramm	101
Nacht -	499,0 -	759,2 -	21,7 -	329,2 -	110
<b>Sammen:</b>	<b>979,9 Gramm</b>	<b>1081,3 Gramm</b>	<b>36,9 Gramm</b>	<b>675,4 Gramm</b>	<b>105</b>



Bei dem Leukämiker fällt auf, dass hier bei Nacht mehr Harnstoff abgegeben wird als Tage, was sonst immer umgekehrt der Fall ist. Schlaflosigkeit bei Nacht ohne Arbeitsleistung steigert nach F. SCHENK's und NENCKI's übereinstimmenden Versuchen die Harnstoffausscheidung nicht.

**Zuckungsgrösse bei Ermüdung.** — Mit der Ermüdung nimmt die Zuckungshöhe des Muskels ab, schliesslich hört die Zuckungsfähigkeit auf. KRONECKER fand, dass, wenn Muskel bei einer bestimmten Ueberlastung in gleichen Zeitintervallen mit gleichen (maximalen) Oeffnungs- und Schliessungsinductionsschlägen gereizt wird, so bilden die Zuckungshöhen eine arithmetische Reihe, deren konstante Differenz allein vom Zeitintervall abhängt. Für belastete, aber nicht überlastete Muskeln gilt das Gesetz nur bis zu derjenigen Zuckungshöhe, deren Grösse der Dehnung durch das angehängte Gewicht gleichkommt. Die Annahme der Zuckungshöhen ist von der Belastung unabhängig und hängt nur von dem Intervall zwischen zwei Zuckungen ab (bei maximalen Reizen).

### Todtenstarre des Muskels.

Der Zustand der definitiven Vernichtung der Muskel-erregbarkeit, das Absterben des Muskels, zeigt einige Aehnlichkeit mit dem Vorgang der Ermüdung (S. 434). Schneidet man einen Muskel aus dem Organismus aus, so beobachtet man trotz des Vorhandenseins erhaltender Momente ein fortschreitendes Schwinden der Erregbarkeit. Es rührt dies daher, dass nach und nach die oben (S. 744) definirten erhaltenden Momente vollkommen verbraucht werden und die die Erregbarkeit vernichtenden die Oberhand gewinnen. Endlich schwindet die Erregbarkeit ganz, bei Warmblütern rasch, bei kaltblütigen Thieren langsamer: der Muskel stirbt ab. Dasselbe tritt ein, wenn der Muskel innerhalb des Organismus aufhört, der Blutcirculation zu unterliegen, bei allen Muskeln nach dem Tode des Gesamtorganismus oder nach Verschluss einzelner arterieller Gefässe.

Sehr rasch hört, wenn dies eingetreten ist, der normale Stoffwechsel des Muskels auf, dadurch, dass sich die entstandenen Zersetzungsstoffe in ihm häufen. Es folgen bald wesentliche chemische Veränderungen im Muskel: zunächst gerinnen die gerinnbaren Muskelsubstanzen, und tritt saure Reaktion ein (HARLESS, KÜHNE). In Folge davon nimmt der Inhalt des Muskelrohres ein trübes Aussehen und eine teigige Beschaffenheit an. Gleich verändert der ausgeschnittene Muskel seine Gestalt, er wird kürzer, dicker und vermindert etwas sein Volumen (SCHMULEWITSCH). Sind die sterbenden Muskeln in ihren natürlichen Verbindungen in der Leiche und Glieder nicht willkürlich verlagert, so nehmen durch diese Muskelverkürzung die Glieder unbewegliche Stellungen ein, die oft daran erinnern, ob sämtliche Muskeln sich aktiv zusammengezogen hätten. Dieser Zustand der Muskeln, in welchem der ganze Körper unbeweglich starr wird, trägt den Namen der Todtenstarre. Nach KÜHNE geht bei Muskelfasern der Todtenstarre meist ein sehr energischer Tetanus voraus, der unmittelbar in die Todtenstarre überführen kann.

Mit dem Aufhören der normalen Oxydationen verschwindet neben den anderen Leistungen des Muskels auch sein electrischer Strom. Die saure Reaktion des Muskelsaftes erreicht ein Maximum, nimmt wieder ab, wird neutral und geht durch Ammoniakbildung (Fäulniss) in die alkalische über. Na-

Wenn die Starre einige Zeit gedauert hat, hebt die eintretende Fäulniss die verkürzte Gestalt des Muskels wieder auf, in der alkalischen Flüssigkeit lösen sich die geronnenen Eiweissstoffe, die Glieder der Leiche werden wieder beweglich, die »Starre löst sich«.

Ist durch Tetanus im Leben schon ein grosser Theil der erhaltenden Momente verbraucht, tritt die Starre schneller ein, z. B. nach Strychninvergiftung, bei gehetztem Wild, bei Tod durch Aufregung und Anstrengung der Schlacht. Bei Warmblütern tritt ihrer höheren Temperatur wegen die Starre meist rasch nach dem Tode ein, bei Kaltblütern unter günstigen Umständen erst nach Tagen.

BRÜCKE verglich die Muskelstarre mit einem Gerinnungsvorgang; KÜHNE hat die geringste Substanz zuerst dargestellt und BRÜCKE's Vermuthung experimentell begründet. Presst man einen Muskel, nachdem man durch Ausspritzen mit Kochsalzlösung von 0,7 pCt. das Blut entfernt hat, so erhält man eine Flüssigkeit, die nach einiger Zeit spontan gerinnt und fest wird. Die Temperatur ist hierbei von Wichtigkeit, da die Gerinnung um so rascher erfolgt, je höher die Temperatur ist; sie geschieht plötzlich bei einem bestimmten Wärmegrad, der für die Kaltblüter 40° C., für die Säugethiere und den Menschen 49°—50°, für Vögel 55° beträgt (KÜHNE). Die Erhöhung der Temperatur führt auch in frischen, lebenden Muskeln zur Gerinnung herbei, aus welcher ein der Todtenstarre ganz ähnlicher Zustand, die »Wärmestarre« folgt. Bei 40° treten die ersten Gerinnungen im Froschmuskelsafte ein, bei höheren Temperaturen erfolgen immer neue, bis endlich bei 90° die letzte Gerinnung erfolgt ist. Das Serumeiweiss gerinnt bei 75° C. Wirft man dagegen frische Muskeln in siedendes Wasser, so bildet sich keine saure Reaktion aus (E. DU BOIS-REYMOND). Alle Säuren, auch Phosphorsäure, führen zur Myosingerinnung im Muskel. Die im Fleischsaft spontan entstehende Säure ist Fleischmilchsäure, nach DIAKONOW auch Glycerinphosphorsäure. Der Muskel bildet beim Erstarren auch Kohlensäure. Nach O. NASSE wird dabei der Glycogengehalt des Muskels vermindert. E. MICHELSON suchte nachzuweisen, dass die Myosingerinnung im Muskel bei der Todtenstarre durch ein Ferment zu Stande komme, nach A. SCHMIDT die Blutgerinnung. Er stellte aus dem Muskelsafte ein Ferment dar, welches Fibringerinnung erzeugte.

Bei dem Muskel, der durch Unterbrechung der Circulation abstirbt, lässt sich, wenn die Veränderungen noch nicht zu weit fortgeschritten sind, durch Wiederherstellung der Circulation die Erregbarkeit wieder hervorrufen (STENSON); BROWN-SÉQUARD brachte dazu arterielles Blut ein. Es genügt auch bei Säugethiern schon warme 1 pCt. Kochsalzlösung, um die verlorene Muskelerregbarkeit nach Unterbindung der Aorta, nach STENSON, in kurzer Zeit wieder zurückzubringen (J. RANKE). Nach dem wirklich erfolgten Eintritt der Todtenstarre, nach dem Gerinnen der gerinnbaren Muskelsubstanzen ist eine Erneuerung der Circulation, eine Zufuhr arteriellen Blutes zu dem Muskel erfolglos, die Leistungsfähigkeit nicht zurück (KÜHNE), wenn man nicht vorläufig das Myosingerinnungsel durch 10% Kochsalzlösung wieder auflöst (PREYER).

### Muskelerregbarkeit und Muskelreize.

Wodurch wird der Muskel in Bewegung versetzt, wodurch wird die Spannung, welche in ihm angehäuft ist, in lebendige Kraft übergeführt? Auf diesen Blick könnte man die Ansicht fassen, es müsste der Muskel, in welchem beständig Kräfte frei werden, ebenso beständig auch Arbeit leisten; man hat die supponirte »Arbeitsleistung« des ruhenden Muskels als tonische Spannung, Tonus, des Muskels bezeichnet. Es sind im Muskel Hemmungsrichtungen gegeben, welche durch einen Anstoss von aussen weggeräumt werden

müssen, um den Muskel aus dem verkürzten in den verlängerten Zustand überzuführen. Dieser Anstoss wird durch die Muskelreize ertheilt. Die Überführung aus dem ruhenden in den thätigen Zustand wird als Erregung, dem Muskel innewohnende Fähigkeit, erregt zu werden, als Erregbarkeit oder Irritabilität bezeichnet. Die Erregbarkeit erreicht bei jedem Muskel einer bestimmten Temperatur ein Maximum, nimmt also mit dem Sinken oder Steigen derselben ab. Auch innere chemische Veränderungen (Ermüdung, Anhäufung der »ermüdenden Stoffe« durch mangelhafte Circulation etc., cf. Ermüdung) setzen sie herab.

Der normale Reiz für den Muskel geht von seinem motorischen Nerven aus. Man war der Ansicht, dass es keine eigene Muskeleerregbarkeit gäbe, dass alle auf den Muskel, wie man sich vorstellte, nur scheinbar direct wirkende Reize erst die im Muskel enthaltenen Nervenendigungen und nur durch deren Vermittelung indirect den Muskel in den Erregungszustand versetzten. Es wurde über diesen Gegenstand lange nach beiden Seiten gestritten; der Streit hat sich mit fast absoluter Sicherheit für die directe Muskeleerregbarkeit entschieden. KÖHNE vor Allem hat die beweisenden Thatsachen dafür gewiesen. Er fand bei nervenlosen Muskelstücken, wie bei dem Ende des Frosch-Sartans, an dem bisher das beste Mikroskop keine Nerven entdecken kann, dass sie auf Reize in Thätigkeit versetzt werden können. Er fand Stoffe, welche nicht den Muskel, jedoch den Nerven erregen e. v. v. KÖLLIKER hat gefunden, dass das südamerikanische Pfeilgift: das Curare, die intramuskulären Nervenendigungen tödtet, ohne darum die Muskelirritabilität aufzuheben. Es finden sich Contractionen bei absterbenden Muskeln, welche auf die Reizstelle beschränkt bleiben, ohne Rücksicht auf den Verbreitungsbezirk der an diesen Stellen verlaufenden Nervenfasern, die meist zu der Zeit ihre Erregbarkeit schon verloren haben. idiomuskuläre Contraction (SCHIFF). J. ROSENTHAL hat gezeigt, dass zur Bewegung der Muskeln (durch Curare gelähmter Thiere) ein stärkerer Reiz erforderlich ist, als wenn der Reiz vom Nerven aus wirksam wird. Die Stärke der Contraction nimmt durch das Abtöden der Nervenenden nicht ab.

Die Lehre von den Muskelreizen hat für die Physiologie der Muskelcontraction hohe Bedeutung, da sie uns Fingerzeige dafür gibt, auf welche Weise wir uns das Zustandekommen der normalen, vom Nerven aus erregten Muskelzuckung zu denken haben.

Ausser dem normalen Nervenreize setzen den Muskel vor Allem electricische Reize, und zwar rasch eintretende Schwankungen der Intensität der den Muskel wirkender electricischer Ströme in Erregung, z. B. das plötzliche Schliessen und Oeffnen eines konstanten Stromes. Tetanus kann durch rasch auf einander folgende Schliessung und Oeffnung hervorgerufen werden (thierische Electricität). Auch die plötzliche Einwirkung gewisser chemischer Substanzen bringt Muskelzuckungen hervor, und zwar erfolgt dies durch Application aller Substanzen, welche rasch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Muskelinhaltes hervorbringen. Es sind dies vor Allem Säuren, anorganische wie organische: Milchsäure und Salzsäure, beide schon sehr verdünnt; auch Metallsalze, alle Kalisalze schon bei starker Verdünnung, in hoher Concentration auch die Natriumsalze. Verdünntes Glycerin, Ammoniak, die Salze der Gallensäuren, d.

llirtes Wasser, wenn es in die Muskelgefässe eingespritzt wird. Die sten dieser Stoffe wirken vom Nerven aus gar nicht oder in anderen Contractionsgraden. Auch eine plötzliche Temperatursteigerung über C. wirkt auf den Muskel erregend, besonders leicht Berührung mit stark itzten Körpern: thermische Reize. Mechanische Alterationen, plötzliche altsame Gestaltsveränderungen der Muskelfaser: Druck, Quetschen, Zerren, men, bewirken Erregung. (Weiteres im folgenden Capitel.)

### Das Turnen vom Standpunkte der Gesundheitspflege.

Das Turnen, eine methodische Ausbildung des gesammten willkürlichen Muskelsystems wird vor Allem zum Zwecke der Erzeugung erhöhter Kraft und Gewandtheit des Körpers. Es hat diese Muskelübung einen hohen Werth für die Gesundheitspflege. Unsere gesellschaftlichen Zustände bedingen bei einer grossen Zahl der Männer eine meist sitzende Weise; die Arbeiten erfolgen entweder ohne Muskelanstrengung oder mit nur ganz geringer. Noch mehr fehlt dem weiblichen Geschlecht besonders in den höheren und mittleren Ständen eine genügende Muskelbewegung. Am wichtigsten wird die Frage der methodischen Muskelausbildung und Uebung für Erziehung der Jugend in den Schulen, welchen sie zu übermässig langem Sitzen und zu Muskelunthätigkeit gezwungen wird. Die Vernachlässigung in der Benutzung und Ausbildung der ihrer Masse nach wichtigsten Organe des menschlichen Körpers bleibt nicht ungestraft. Vor Allem ist es die regelmäßige Circulation, welche unter dem Einfluss der Muskelunthätigkeit leidet (cf. Vertheilung und Thätigkeitswechsel der Organe). Abgesehen von der bei stärkerer Muskelthätigkeit eintretenden allgemeinen Beschleunigung der Circulation wird der Blutzufluss zu thätigen Muskeln selbst bedeutend gesteigert. Indem sich das Strombett des Blutes zu thätigen Muskelsysteme erweitert, befindet sich eine grössere Menge von Blut in der kurzen Zeit in den Muskeln. Es werden dadurch die inneren Organe des Leibes: centrales Nervensystem, Lunge, Unterleibsorgane von einer übermässig angesammelten Blutfülle entlastet, welche ihre Functionen beeinträchtigte, die zu ihrem regelmässigen Zustandekommen meistens einen fortwährenden Wechsel in der Menge des Blutes, das ihnen zugeführt werden verlangen. Vor Allem zuerst macht sich, wenn die unthätigen Muskeln weniger Blut aufnehmen können, diese Störung der Circulation auf den Leberkreislauf, zu dessen Zusammenkommen die geringste Kraftsumme disponibel ist, geltend, von hier aus aber sowohl auf die Lungen als noch stärker auf den Darm und die übrigen Unterleibsorgane, wo venöses Blut durch die Leber abfliessen muss. Es bilden sich krankhafte Erweiterungen derselben durch das langsamer abströmende, sich gleichsam anstauende Blut. Die Anhäufung venösen Blutes in den Unterleibsorganen gibt schliesslich Gelegenheit zu der Ausbildung des Krankheitsbildes, welches von Aerzten und Nichtärzten als sogenanntes »Hämorrhoidaliden« gefürchtet wird, welches wir mit den mannigfaltigsten Störungen, namentlich bei dem weiblichen Geschlechte, auftreten sehen.

Durch Muskelthätigkeit wird, abgesehen von dieser Blutentlastung der inneren Organe, auch die Ernährung der Muskeln gesteigert. Unter methodischer Uebung und bei genügender eiweissreicher Nahrung die Muskeln in kurzer Zeit erstaunlich anzuheben zu. Dabei vermindert sich das Fett des Körpers entsprechend, weil, so lange verhältnissmässig viel Fett vorhanden ist, bei der Muskelarbeitsleistung vor Allem Fett verbrennt (MÜNCHER, Vort u. A.). Die Anwesenheit des Fettes setzt aber durch Verminderung der Sauerstoffblutmenge die organischen Oxydationen im Organismus herab; je mehr wir das Fleisch = Muskeln am Körper haben, desto energischer verlaufen diese Processe der organischen Verbrennung, auf welchen schliesslich das Leben beruht. Darauf basirt zu einem grossen Theile das Kraftgefühl, das Gefühl von Wohlbefinden, welches wir als das hervorstechende Charakteristikum der Turner, Bergsteiger und Fusswanderer kennen (cf. unten).

Jede Verbesserung der allgemeinen Muskelernährung macht ihren Einfluss auch auf das Herz geltend. Umgekehrt nimmt mit der Schwächung der Gesamtmuskulatur auch die Leistungsfähigkeit des Herzens ab. Dadurch tritt in noch anderer Art, als oben angegeben, eine Circulationsstörung ein. Die Blutcirculation wird durch die geringere Energie der Herzaktion verlangsamt. In derselben Zeit strömt also in alle Organe weniger jene Zersetzungsprodukte der Organe, welche wir als Hemmungen der Organthätigkeit kennen gelernt haben, häufen sich in gesteigertem Maasse in den Organen an. Vor Allem machen diese betreffenden Stoffe ihre störenden Wirkungen auf die Muskeln und das Nervensystem geltend. Es treten durch ihre Anwesenheit in den Organen jene bekannten Zustände der Ermüdung ein, welche als sichere Folge der Muskelunthätigkeit erscheinen. Die Unlust der Bewegung kann sich schliesslich bis zur wirklichen Unfähigkeit dazu steigern. Die Muskelschwäche des weiblichen Geschlechtes beruht zum Theil auf diesem Grunde. In weniger angestregten Muskeln habe ich direct einen höheren Gehalt an den betreffenden ermüdenden Zersetzungsprodukten erwiesen.

Durch Muskelbewegung sehen wir zuerst vor Allem die Herzaktion und die Athemthätigkeit gesteigert. Die daraus folgende allgemeine Beschleunigung der Blutcirculation macht sich sogleich auf die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Organ geltend. Die »ermüdenden Stoffe«, welche der Organzersetzung entstammen, werden rasch abgeführt. Die thätigsten Muskeln im Organismus sind am ärmsten an diesen Produkten. Daher kommt es, dass die anfängliche Unlust, die wir nach längerer Ruhe zur Muskelanstrengung fühlen, unter der Bewegung selbst abnimmt, schliesslich verschwindet und in das Gefühl des Wohlbehagens übergeht. Die Muskelanstrengung, welche wir sonst als einen Ermüdungsgrund kennen, wird hier zur Hauptursache des Kraftgefühles. Gleichzeitig ruht das Kraftgefühl auf der reichlichen Blutzufuhr und Ernährung des thätigen Muskels. Nach einer ermüdenden Fusswanderung ist der Appetit und Durst bedeutend gesteigert. Der Magen, dem für die Muskeln das Blut entzogen wurde, bringt uns die daraus folgende Reizung seiner Schleimhaut zum Bewusstsein. Reichliche Nahrung führt zu überreichem Blute. Durch die Arbeit bedingten Stoffverbrauchs, wir erwachen nach vernünftig geleiteter Muskelanstrengung aus gesundem Schlaf mit gesteigertem Kraftbewusstsein.

Ähnlich, wie auf das Muskelsystem, wirkt die Muskelaktion auch auf die Nerven. Diese gesteigerte Reizbarkeit mit Schwäche, welche Jedermann als Erscheinung der Nerven-ermüdung kennt (cf. das folgende Capitel), in Folge der Anhäufung der ermüdenden Stoffe im Nervensystem. Auch aus diesem werden sie durch die gesteigerte Circulation gewaschen. Am deutlichsten wird für die subjective Empfindung diese Reinigung der Nerven durch Bewegung (gesteigerte Blutcirculation) am Gehirn; objectiv (experimentell) lässt sich dieselbe mit ihren Folgen an allen Nerven nachweisen. Wie eine Wolke hebt die geistige Missstimmung von der Stirne weg, wenn wir nach langer sitzender Berufstheätigkeit bei einer frischen Fusswanderung (Turnen, Tanzen) unserem Muskelsystem seine Kräfte gewähren.

Noch zwei heilsame Momente kommen im Gefolge der Muskelarbeit zur Geltung. Der arbeitende Organismus verliert in sehr hohem Maasse Wasser und Wärme und erfährt eine Steigerung seines Wärmeabgabevermögens. An einer anderen Stelle ist auf das letztere aufmerksam gemacht worden. Es rührt offenbar daher, dass die gesteigerte Blutzufuhr zu den peripherischen Organen des Körpers, zu den Muskeln, wobei auch eine Erweiterung der Hautblutgefässe erfolgt, die Wärmeabgabe durch Steigerung der Wärmedifferenz zwischen der mehr erwärmten Körperoberfläche und der äusseren Umgebung (Luft etc.) vergrößert. Die Vermehrung der Wasserabgabe des Körpers durch Muskelthätigkeit ist durch die Versuche v. PETTENKOPF's und VOIT's anschaulich gemacht worden. Sie haben gezeigt, dass im Gefolge der Muskelarbeit die Wasserabgabe nicht nur während der Arbeitszeit selbst, sondern auch während der darauf folgenden Zeit der Ruhe (im Bett) sehr beträchtlich gesteigert werde. Sie fanden bei demselben Manne:



Die Wasserabgabe am Tage während der Ruhe 844,0 Gramm

-	-	-	-	-	-	Arbeit	1094,8	-
-	-	bei Nacht	-	-	-	Ruhe	488,6	-
-	-	-	-	-	-	Arbeit	947,3	-

man sieht, dass mässige Arbeit und Muskelbewegung den Organismus von seiner in den Muskeln aufgespeicherten Wassermenge befreit, ebenso wie wir das von eiweissreicher Nahrung sehen haben. Nach JÄGER hebt sich dadurch das specifische Gewicht des menschlichen Gesamtkörpers. Nach v. PETTENKOFER's Annahme ist aber der Wassergehalt des Organismus eine disponirende Ursache zu verschiedenartiger Ernährung. So kann also auch nach dieser Seite die methodische Muskelanstrengung als Präparat angewendet werden.

Die von LING eingeführte sogenannte **schwedische Heilgymnastik** bezweckt, und für entsprechende Fälle mit bedeutender Wirkung, eine methodische Uebung einzelner Muskeln und Muskelgruppen, welche durch krankhafte Verhältnisse in höherem oder geringerem Grade in ihrer Ausbildung oder Functionirung beeinträchtigt wurden. Um die Muskeln zu üben, werden sie im Allgemeinen veranlasst, Lasten zu bewegen oder Widerstände zu überwinden. Bei dem Turnen werden entweder äussere Gewichte in Bewegung gesetzt oder es wird wie namentlich an den feststehenden Turngeräthen der eigene Körper des Turnenden die bewegende Last. Es kann aber wie bei dem Ringen etc. auch die Muskelkraft und die eines Gegners als zu überwindender Widerstand Verwendung finden. Die schwedische Heilgymnastik benutzt zur Uebung einzelner Muskeln und Muskelgruppen in weitestgehender Weise specialisirte Ringbewegungen. Durch gut geschulte Personen: Gymnasten, wird der Patient zu den therapeutisch verlangten Muskelbewegungen veranlasst, denen dann der Gymnast, entsprechend der vom Patienten nach dem Heilplan aufzuwendenden Kraft, ein der feinsten Weise abzustufender Widerstand entgegengesetzt. Um z. B. die Beugung eines Gliedes zu üben, wird das Glied zunächst gestreckt und der Patient versucht, es zu beugen, während der Gymnast durch schwächeres oder stärkeres Festhalten in entgegengesetzter Weise entgegen wirkt. Es sind das nach der Terminologie: duplicirte Bewegungen; concentrisch duplicirt, wenn der Patient gegen den Widerstand des Gymnasten die Bewegung ausführt, excentrisch duplicirt, wenn der Gymnast Sieger ist (H. MEYER). Da (passives) Dehnen und Zusammenpressen der Muskeln analog der Zusammenziehung die Blutzufuhr zum Muskel steigert, ihm vermehrtes Ernährungsmaterial zuführt, seinen Stoffumsatz hebt, so kann auch diese Art der Gymnastik in dem Sinne der Massage etc. wirksam werden. Hauptsächlich wird sich Letzteres zur Unterstützung der elektrischen Muskel- und Nervenreizung empfehlen oder für geeignete Fälle die Massage ersetzen können.

Am Schlusse muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass Alles, was zum Lobe der Muskelarbeit gesagt wurde, nur seine Geltung behauptet bei genügender (eiweissreicher) Ernährung. Bei schlecht genährten Individuen reibt die Arbeit den Organismus durch vermässige Muskelanstrengung bei sonst (in der Ruhe) genügend scheinender Nahrung Anlass zu den verschiedensten krankhaften Störungen geben.

## **Zwanzigstes Capitel.**

# **Allgemeines aus der Nervenphysiologie und Chemische Physiologie der motorischen Nervenapparate.**

---

### **Allgemeine Wirkungsweise der motorischen Nerven.**

Die Bedingungen der Krafterzeugung liegen im Muskel selbst.

Man könnte sich vorstellen, und in manchen krankhaften Fällen ist es wirklich so, dass die Muskeln auch im lebenden Organismus in Folge ihrer specifischen Erregbarkeit durch Reize, welche sie direct treffen, ohne Mitwirkung der Nerven in Thätigkeit versetzt werden. Diese idiomuskulären einfachen tetanischen Zuckungen würden für den Zweck des Organismus kaum zu leisten vermögen. Nur dadurch wird die Muskelcontraction zu dem, was für den Organismus sein soll, dass sich die einzelnen Muskelzuckungen regelmässig mit solchen anderer Muskeln verbinden. Indem sich gleichzeitig abwechselnd gewisse Muskelgruppen contrahiren und erschlaffen, werden die Bewegungen hervorgebracht, auf denen die Ortsveränderung des ganzen Körpers zum Aufsuchen eines körperlichen Genusses oder Bedürfnisses zur körperlichen Abwehr einer drohenden Gefahr beruht. Es sind die Nerven, welche die rohe Muskelkraft dem Principe der Zweckmässigkeit unterordnen.

Wir finden im lebenden Organismus wie gesagt fast niemals eine Vertheilung der specifischen Irritabilität des Muskels zu Bewegungsvorgängen; Esemann behauptet normale automatische Contraktionen für den Ureter. Es war eine Zeit, in welcher man glaubte, dass durch den Nerven dem Muskel die Bewegungskraft vom Gehirne aus zugesendet werde, welche im Muskel dann in mechanische Arbeitsleistung übergeführt würde. Dadurch kam man dazu, die eigene Erregbarkeit des Muskels zu bezweifeln, ihm nur die Rolle eines Kraftübertragungsmechanismus zuzutheilen. Einer der Hauptgründe gegen diese Annahme, dass die Nerven Leiter der gesamten Bewegungskraft seien, wie die Röhren, welche den erhitzten Dampf unter den Kolben der Dampfmaschine führen, ist der, dass schon sehr minimale Reize, welche den ausgeschnittenen Nerven, ebenso wie die Antriebe vom Gehirne aus den in normaler Verbindung

ischen Nerven, in Thätigkeit versetzen, hinreichen, um eine grosse Kraft-  
g des dazu gehörigen Muskels herbeizuführen. Ein electricischer Strom,  
Bewegungskraft kaum mit den feinsten Hilfsmitteln nachgewiesen wer-  
nn, also fast  $= 0$  ist, ist im Stande, vom Nerven aus wirkend, einen  
l zum Heben von grossen Gewichten, zu grossen mechanischen Leistun-  
n veranlassen. Zwar steigt anfänglich mit der zunehmenden Reizstärke  
istung des Muskels, aber bald erreicht die Nervenenerregung ein Maximum,  
las hinaus sie keine stärkere Zuckung des Muskels mehr hervorruft, so dass  
er Steigerung der im Nerven strömenden Bewegungskraft keine Steigerun-  
n den Leistungen des Muskels mehr eintreten, wie sie doch erfolgen  
en, wenn die Muskelkraft nur übertragene Nervenkraft wäre. Stets er-  
t die vom Muskel geleistete Arbeit grösser, als sie der Nervenkraft ent-  
en würde. Wäre die Muskelkraft eine Uebertragung der Nervenkraft,  
sste sie, da bei allen Uebertragungsvorgängen nothwendig ein Theil der  
ertragenden Kraft unverwendet abfällt (S. 104), kleiner, nicht grösser  
als letztere.

Das Kräfteverhältniss in Muskel und Nerven entspricht den Auslösungs-  
htungen bei Uhrwerken und ähnlichen Maschinen, durch welche mit einer  
ialen Kraft eine ganze Reihe fortdauernder mechanischer Leistungen ein-  
et, ausgelöst werden kann. Eine gespannte Feder, welche ein Räderwerk  
egung setzt und dadurch Arbeit leistet, kann in ihren Leistungen da-  
, dass man irgendwo einen unter den gegebenen Bedingungen für sie  
rwindlichen Widerstand: eine Hemmung anbringt, trotz der fortdauernden  
pannung, unterbrochen werden. Ist die Hemmungsvorrichtung zweck-  
eingerichtet, so genügt ein minimaler Kraftaufwand, um sie zur Seite  
eben und das Uhrwerk in Gang zu setzen. Eine sehr kleine Kraft wird  
h Veranlassung verhältnissmässig sehr bedeutender Wirkungen. Die  
kräfte der Feder werden durch das Wegräumen der Hemmung ausge-  
Auch im Muskel haben wir eine der im Uhrwerke ähnliche Anhäufung  
onkräften, die durch den Nerven ausgelöst werden; daher steht der  
d von Nervenkraft nicht im Verhältniss der Gleichheit zur erzeugten  
Arbeit.

Die Nervelectricität findet im folgenden Capitel ihre Darstellung.)

### Zur Anatomie der motorischen Nerven.

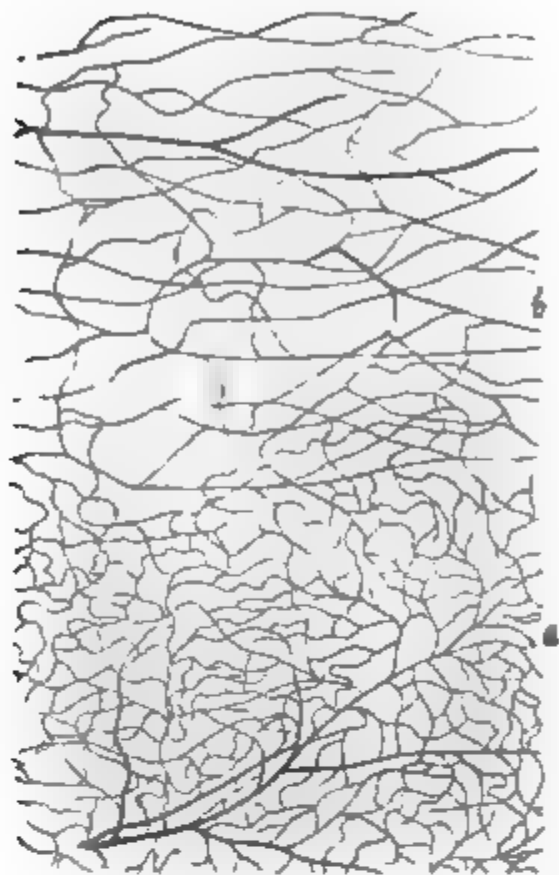
Die allgemeine mikroskopische Anatomie der nervösen Apparate hat S. 41  
ung gefunden.

Die Blutgefässe sind in Anordnung und Zahl verschieden, je nachdem  
nervösen Gewebe mehr Nervenfasern oder Nervenzellen enthalten. Bei  
n sind sie sparsam, ähnlich wie bei dem Muskel in regelmässigen langen  
an den Fasern hinlaufend, die ganglienzellenhaltigen Nerventheile da-  
nthalten ein reichliches, viel verflochtenes Kapillarnetz (Fig. 172).

Man hatte sich lange vergeblich bemüht, die Endigungsweise der  
n in den Muskeln zu erforschen. Die Untersuchungen KÜHNE's u. A.  
dass die Nervenendigungen in directe Berührung treten mit dem  
des Muskelrohres. In den quergestreiften Muskeln endet der Nerv

unter dem Sarkolemm unter Verschmelzung der SCHWANN'schen Scheide dem letzteren. Die Markscheide begleitet den Axencylinder bis zu diesem

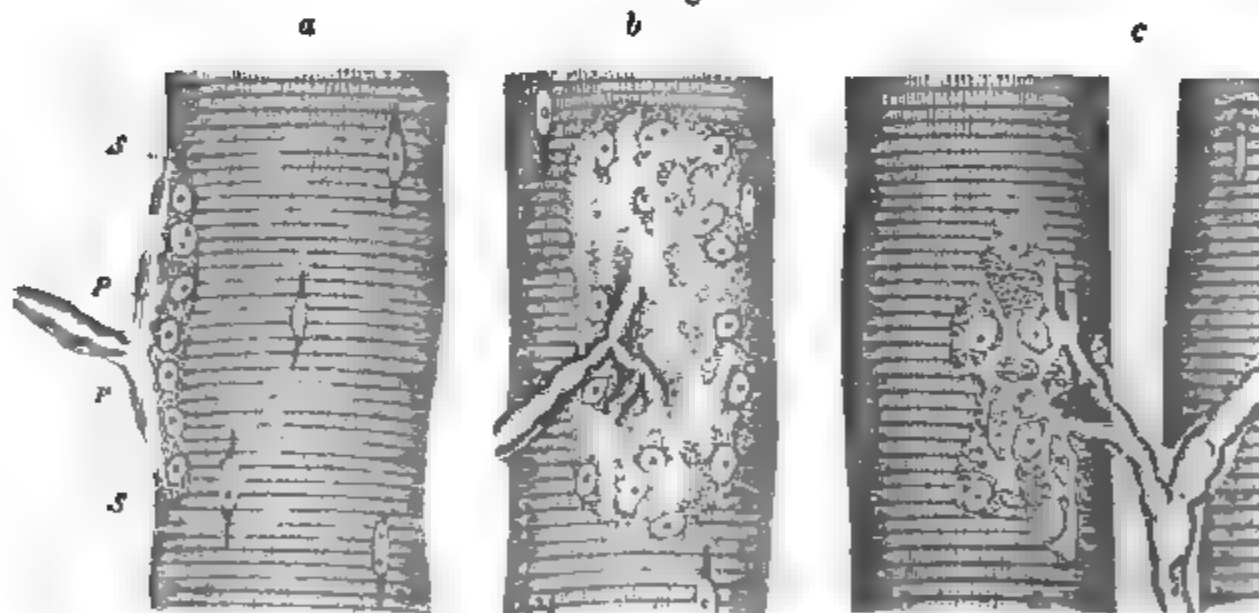
Fig. 479.



Gefässe der Hirnsubstanz des Schafes nach einer GARLACH'schen Einspritzung. a der grauen, b der weissen Substanz

Das Ende des Axencylinders, die Nervenendplatte, entspricht nach KÖNN: einer Ausbreitung mit bedeutend vergrößerter Oberfläche, welche im Allgemeinen diffus flach ausgebreitete Verzweigung wird. Diese Nervenendplatte ist mehr membranartig, bald einem Faserbündel vergleichbar sein. In den meisten Fällen scheint die Platte auf einer Sohle von feinkörnigem Protoplasma zu ruhen (Fig. 473). An der Nerven Eintrittsstelle in der Regel auf der contractilen Substanz eine hügelartige Erhebung mit nabelähnlicher Basis: der Nervenbühlchen hat unter dem Sarkolemma, zwischen dem Sarkolemma und der quergestreiften Substanz, animalen Muskeln der verschiedenen Arten, aber in verschiedenem Grade der Ausbreitung eine kernhaltige granulirte Masse enthalten, die er als Matrix des Sarkolemma spricht. Mit dieser Matrix treten nach KÖNN: die motorischen Nervenenden in Verbindung, dass das gangliöse Ende (Endplatte) in der Matrix liegt.

Fig. 473.



Muskelfasern mit Nervenendigungen von *Lacerla viridis*. a im Profil gesehen. PP die Nervenendigungen aus granulirter Masse und Kernen bestehende Sohle der Platte. b dasselbe in der Aufsicht von einer Muskelfaser, deren Nervenende vermuthlich noch erregbar ist. Die Formen der mannigfach verzweigten Endigungen sind im Holzschnitte nicht durch so sarte und blasse Contouren wiederzugeben, dass sie der Wirklichkeit entsprechen könnten. c dasselbe, wie es nach dem Tode des Nervenendes, sowie zwei Stunden nach Verabreichung grossen Dosen Curare erscheint.

J. GARLACH und R. ARNDT haben neuerdings die Angaben KÖNN's in allem Wesentlichen bestätigt. Ausser den mit dem Nervenbühlchen in Verbindung tretenden motorischen

n sich an den Muskelbündeln auch solche, welche auf der Aussenfläche des Sarkolemmms endigen, oder in Kerne und Kernhäufchen übergehen, welche äusserlich auf dem Sarkolemma liegen (KOELLIKER, ARNDT u. A.) und vielleicht die sensiblen Nervenfasern in Muskeln darstellen.

Nur bei Salamandra bestehen die motorischen Nervenendigungen aus markfreien und blossen, direct ohne jegliches Zwischenglied zwischen Sarkolemm und contractilem Gellagerten Endfasern, hier fehlen also allein unter allen höheren Wirbelthieren die Marklatten (KÜHNE).

### Physikalisch-chemische Nerveneigenschaften.

Zum Verständnisse der Lebensbedingungen des Nerven müssen wir seine mechanischen und physikalischen Eigenschaften in derselben Weise studiren, wie dies bei den bisher besprochenen Organen, Knochen und Muskeln, gethan worden ist.

Die mechanischen Eigenschaften, die wir dort einer eingehenden Betrachtung unterworfen haben, interessiren uns zunächst weniger: Der ruhende Nerve ist von dem thätigen nicht in seiner Form verschieden, es zeigt sich an ihm keine Gestaltsveränderung analog der Muskelcontraction, die uns zu Untersuchungen z. B. über seine Elasticitätsverhältnisse veranlassen könnte: er ist normal keinem höheren Maass von Zug oder Druck ausgesetzt, denn er durch eine besondere Festigkeit genügen müsste. Das freie Auge bemerkt an ihm eine gröbere Querstreifung wahr, die den Namen der Fox'schen Bänderung trägt und ihr Ansehen einer senkrecht auf die Längsverlaufenden regelmässigen Faltung oder Einknickung der Fasern verdankt. Nerven sind etwas länger, als es zur directen Verbindung der Arbeitsorgane mit den Centralorganen: Rückenmark und Gehirn, nöthig wäre, so dass sie sich während den Gestaltsveränderungen der Glieder, die den Nerven zu dehnen und zusammenziehen, durch Verstreichen dieser Fältchen anpassen können.

Der eigentliche Schwerpunkt ist bei der Untersuchung der Nerven auf die chemischen Bedingungen ihrer Krafterzeugung zu legen, die von der gleichen Art ist, insofern wir einmal electriche Ströme an ihnen in gesetzlicher Richtung den im Muskel beobachteten analog wahrnehmen (E. du Bois-Reymond), die in sicherem Wechselverhältniss zu der Stärke der Lebensbedingungen und der chemischen Zusammensetzung der Nerven stehen und sich mit diesen ändern; und andererseits die Nerven einen Anstoss entwickeln, dessen Resultat die Contraction des dazu gehörigen Muskels oder die Leitung in den nervösen Centralorganen erfolgt.

Die SCHWANN'sche Nervenscheide scheint wie das Sarkolemma nicht aus einer elastischen Substanz zu bestehen, sie zeigt sich ebenfalls löslicher als dieses.

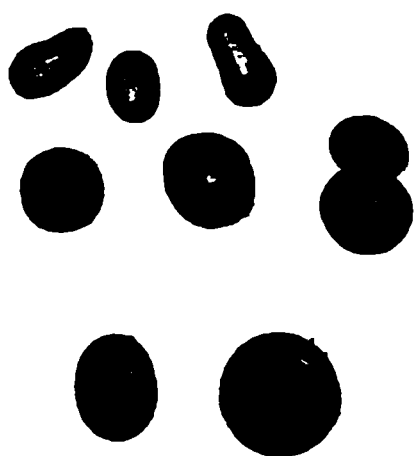
Der Inhalt der Nervenröhren ist, wie aus den bisherigen Untersuchungen, so wenig vollständig sie sein mögen, hervorgeht, ein sehr zusammengesetzter, ebenso der jener Nervensubstanzen, welche Ganglienzellen in Masse enthalten, die selbstverständlich isolirt nur mikrochemisch untersucht werden können.

Die graue Substanz des Gehirnes, welche die Nervenzellen enthält, ist ziemlich viel wasserreicher als die weisse, aus Nervenfasern bestehende.



Ueber die specifischen Eigenschaften der in der Nervenmasse vorkommenden Eiweissstoffe ist noch wenig Sicheres bekannt. Die Nervenzellen halten mehr Eiweissstoffe als die Fasern, die graue kernhaltige Hirnmasse mehr Stickstoff (J. RANKE) als die weisse, welche der Hauptmasse nach aus Nervenfasern besteht. PETROWSKY fand in den festen Theilen der weissen Substanz 25 pCt., in denen der grauen 50 pCt. Albuminate. HOPPE-SEYLER findet in der grauen Hirn Casein, auch die Anwesenheit von Myosin ist wahrscheinlich. PETROWSKY erhält sowohl die graue als weisse Gehirnsubstanz Eiweissstoffe, welche zur Gruppe der Globuline gehören. Die Eiweissstoffe sind in der Nervenzelle im Axencylinder angehäuft. Im Nervenmark, das den Axencylinder umhüllt, findet sich Cerebrin und Lecithin (Pravaz). Ist nach HOPPE-SEYLER eine Verbindung oder richtiger eine Gemenge von Cerebrin mit Lecithin), aus welcher durch Zersetzungen die Hauptmasse der früher als Myelin bezeichneten Bestandtheile des Nervengewebes beschriebenen Substanz besteht (S. 78), vor Allem die Glycerinphosphorsäure.

Fig. 474.



Corpuscula amylacea aus dem Gehirn des Menschen.

Das Protogon bildet unter Umständen jene thümlichen Gerinnungsformen im Nervenmark, welche mit dem Namen Myelinformen belegt hat.

In der Gehirnoberfläche finden sich öfters (nach R. VIRCHOW) Stärkemehl ähnliche Körnchen, Corpuscula amylacea (R. VIRCHOW), sie scheinen stickstoffhaltig (C. S. 78) und färben sich in Jodkalium-Jodlösung schmutzig violett (Fig. 474). Es findet sich auch Cholesterin.

BIBRA erhielt aus dem Gehirne eine grosse Reihe von Fettsäuren, welche sich nach ihren Schmelzpunkten, die zwischen 22 und 48° R. liegen, verschieden verhalten. Ausserdem fand er eine »ölige« Säure, welche bei — 4° erstarbt und einen Körper, welcher bei + 7° schmolz.

Von Interesse ist der Reichthum der Nervensubstanzasche an Phosphorsäure und phosphorsauren Alkalien neben sehr geringen Mengen phosphorsaurer Erden, phosphorsauren Eisenoxyds, Chloralkalien und schweren Kalis (BREED). Die Asche der an Nervenzellen reichen grauen Hirnsubstanz scheint wesentlich verschieden von derjenigen der markhaltigen, weissen Substanz, indem erstere nach LASSAIGNE stark alkalisch reagirt, letztere von der freien Phosphorsäure herrührend. Der Nervenzelleninhalt scheint Lecithin in geringen Mengen zu enthalten. KÜHNKE wies den Mangel an Protogon für die Nervenendplattensubstanz nach, welche mit dem Axencylinder hierin übereinstimmt.

Nach PETROWSKY's unter HOPPE's Leitung angestellten Untersuchungen wäre die graue Hirnmasse reicher an Lecithin, aber erheblich ärmer an Cholesterin, Fetten und Eiweissstoffen als die weisse Hirnsubstanz.

### Physiologische Aenderungen in der chemischen Nervenzusammensetzung

Wie beim Muskel, so haben wir auch bei den Nerven zu unterscheiden zwischen dem Zustand der Ruhe, dem Zustand der Thätigkeit und dem Zustand des normalen Absterbens. Der Zustand der Thätigkeit unterscheidet sich von dem der Ruhe durch eine Vermehrung der Eiweissstoffe und eine Verminderung der Fettstoffe.

sich von dem Zustand der Ruhe äusserlich nicht, es sind innere Molekulargänge, welche die Nerventhätigkeit charakterisiren. Das chemische Verhalten Nervensubstanz ist im Allgemeinen dem der Muskelsubstanz analog.

Das ruhende Nervengewebe zeigt wie das ruhende Muskelgewebe einen fortwährenden Stoffwechsel. Es ist seit lange bekannt, dass das arteriell in das Nervengewebe eintretende Blut aus diesem venös zurückkommt, beladen mit Produkten der organischen Gewebsoxydation, namentlich mit Kohlensäure. Untersuchungen von W. MÜLLER konstatirten in dem Gehirnextrakt die meist schon aus dem Muskelgewebe bekannten Stoffwechselprodukte: Inosin, Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Kreatin, Harnsäure, Hypoxanthin, Leucin, PICARD fand Harnstoff.

Ich habe nachgewiesen, dass das ruhende Nervengewebe (Gehirn von Kaninchen) ganz wie das Muskelgewebe eine Gewebsrespiration zeigt. Das frische Gehirn haucht Kohlensäure aus und nimmt dafür Sauerstoff aus der Atmosphäre auf. Auf 24 Stunden berechnet fand ich die Kohlensäureabgabe im Maximum zu 7,73 Milligramm, die Sauerstoffaufnahme zu 2 Milligramm pro einem Gewicht der Nervensubstanz von 2 Gramm. Es existirt also auch hier wie bei der Gewebsrespiration und der Athmung im Allgemeinen keine scheinbare Kongruenz zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff und der abgegebenen Kohlensäure, 2 Milligramm Sauerstoff sollten 11,3 Milligramm Kohlensäure liefern. Ueber die Grösse des Stoffwechsels im ruhenden Nervengewebe geben uns die beigebrachten Angaben den ersten Aufschluss. Meine Untersuchungen über den Blutgehalt der Organe lehrten weiter, dass die ruhende Nervensubstanz (Gehirn und Rückenmark) ziemlich den gleichen Blutgehalt, bezogen auf ihr Organgewicht, haben wie die ruhenden Muskeln. Letztere enthalten (bei Kaninchen) im Mittel 5,14 pCt., die Nervensubstanz 5,52 pCt. Blut. Die Intensität des Stoffwechsels wird sonach in beiden Gewebsgruppen im ruhenden Zustand nahezu identisch sein.

Der thätige Zustand der Nerven unterscheidet sich von dem ruhenden Zustande durch eine Steigerung des normalen Organstoffwechsels. FUNK und ich haben nachgewiesen, dass die normal schwach alkalische, zum Neutralen sich neigende Reaktion des ruhenden Nervengewebes durch starke Thätigkeit in eine saure Reaktion sich umwandelt. Am deutlichsten ist diese Veränderung der Reaktion in den nervösen Centralorganen, doch fehlt sie auch an den Nervenstämmen nicht. Die Versuche gelingen am besten am Frosch. In dem unverletzten Frosch tritt bei der Thätigkeit des Nervengewebes auch eine gesteigerte Blutzufuhr zu demselben ein und zwar sowohl zu den nervösen Centralorganen als zu den Nervenstämmen. Der gesteigerte Blutzufluss führt das zur Erhaltung des Nervenstoffwechsels erforderliche Material: Sauerstoff und oxydationsfähige Stoffe zu. Eine Steigerung der Gewebsrespiration ist bei der Nerventhätigkeit noch nicht festgestellt. Von weiteren Veränderungen in dem chemischen Verhalten der thätigen Nervensubstanz im lebenden Organismus habe ich bei Fröschen noch eine Veränderung im Wassergehalt der nervösen Centralorgane und zwar eine Wasserverminderung nachgewiesen, während ich bei den Nervenstämmen eine Wasservermehrung durch den Tetanus, wie sich bei dem Muskel findet, wahrscheinlich wurde. Die centrale Nervensubstanz der Frösche ist, wie auch die graue Nervenmasse der Säugethiere

und des Menschen normal, wasserreicher als das Blut. Bei der Steigerung der Diffusion zwischen den Gewebsflüssigkeiten und der centralen Nervensubstanz, wie sie durch den gesteigerten Stoffwechsel bei der Thätigkeit der letzteren im Gesamtthiere bedingt wird (S. 434), werden also feste Stoffe dem Blute in jene eintreten und sie dadurch relativ wasserärmer machen. Die Veränderungen des Wassergehaltes sind, wie wir unten sehen werden, von dem grössten Einfluss auf die Nervenirregbarkeit. Eine Wärmebildung im thätigen Nerven wird von VALENTIN behauptet.

**Der Zustand des Absterbens** charakterisirt sich bei dem Nervengewebe, bei dem Muskel- und Drüsengewebe durch eine Vermehrung der Consistenz (E. DU BOIS-REYMOND) und Auftreten einer sauren Reaktion (FUNKE, J. RANKE). Wir bezeichnen diesen Zustand, analog wie bei dem Muskel, als Nervstarre. Auch bei diesem Zustande findet Kohlensäurebildung und Sauerstoffabsorption statt. Die Vermehrung der Consistenz beruht auf der Gerinnung des Nervenmarks (Myelingerinnung [?]) und auf Gerinnung der Eiweissstoffe im Axencylinder. Die Starre löst sich in der Folge durch Fäulniss. Es tritt im Nerven wie bei dem Muskel auch eine Wärmestarre. Erwärmung der Gehirnmasse von Tauben auf  $45-55^{\circ}\text{C.}$ , so tritt saure Reaktion ein. Erhitzt man dagegen rasch auf  $100^{\circ}\text{C.}$ , so bleibt wie bei dem Muskel die Reaktion alkalisch (J. RANKE).

**Die normale Erregbarkeit des Nerven**, seine Fähigkeit, durch einen Reiz in den thätigen Zustand überzugehen, ist von seiner normalen chemischen Constitution bedingt. Die specifische Erregbarkeit des Nerven ist im Allgemeinen, wie sich aus den Untersuchungen J. ROSENTHAL's ergibt (cfr. Idiomus, Zuck. S. 720) grösser als die der Muskeln; gleich starke Reize wirken auf Nerven stärker erregend als auf den Muskel ein, dessen Nervenenden durch Curare gelähmt wurden.

Veränderungen des normalen chemischen und physikalischen Verhaltens der Nervensubstanz bewirken zuerst eine Erhöhung, in der Folge eine Verminderung der Erregbarkeit. Diese Erhöhung der Erregbarkeit darf nicht als eine Steigerung der Lebens-eigenschaften des Nerven betrachtet werden, sie ist im Gegentheil das erste Stadium der **Nervenermüdung**, deren zweites Stadium erst eine Herabsetzung der Erregbarkeit ist.

Störungen in dem Nervenstoffwechsel und damit Erregbarkeitsveränderungen treten ein, wenn der Nerv von seinem lebenden Centralorgan getrennt wird, entweder durch Schnitt oder durch Absterben des letzteren. Man sieht hier seine Erregbarkeit zuerst beträchtlich zu-, dann bis zum Erlöschen abnehmen, die dem Centralorgan näher gelegenen Nervenstrecken zeigen die Erregbarkeitsveränderungen früher als die entfernteren (RITTER-VALLE'sches Gesetz), Anlegen eines neuen Querschnitts beschleunigt den Ablauf des Vorgangs (J. ROSENTHAL). Ebenso wirkt die dauernde Unterbrechung der normalen Thätigkeit des Nerven: übermässige Ruhe, durch Abtrennen oder Lähmung seines Erfolgsorgans. In beiden Fällen ist die normale Ernährung des Nerven gestört, es zeigen sich, wenn der Nerv im Körper verbleibt, in der Folge chemische und morphologische Veränderungen, die man als fettige Degeneration der Nerven bezeichnet. Auch durch die Thätigkeit wird die

Erregbarkeit des Nerven zuerst erhöht, in der Folge vermindert, oder bei über-  
 mässiger Anstrengung sogar vernichtet. Auf die Wirkung anhaltender Thätigkeit  
 in durch Ruhe wieder Erholung folgen; auf anhaltende Ruhe bringt, wenn  
 die Erregbarkeit noch nicht vollkommen verloren ist, vorsichtig und langsam  
 wieder eingeleitete Thätigkeit die Erregbarkeit zurück, ein Hauptprincip der  
 Nerven- und Muskeltherapie. Ganz analog wie der Erfolg der Erregung  
 die Wirkung der Wärme unter 45° C. auf Froschnerven. Sie bewirkt zu-  
 nächst eine Steigerung der Erregbarkeit, um so bedeutender, je höher (in ge-  
 wissenen Grenzen) die angewendete Temperatur ist. In der Folge sinkt dann die  
 Erregbarkeit, und zwar schneller bei höheren Temperaturen. Temperaturen  
 über 45° C. vernichten die Erregbarkeit um so schneller, je höher sie sind, bei  
 Absterben die Nerven augenblicklich. Bis zu 50° ist durch Wiederabkühlen  
 die Wiedererholung des Nerven möglich (J. ROSENTHAL, AFANASIEFF u. A.).  
 Mechanische Alterationen: Zerren, Quetschen etc., erhöhen ebenfalls zunächst  
 die Erregbarkeit (J. RANKE und CORNET u. A.), um sie dann zu vernichten. Das-  
 selbe ist von anderen groben chemischen Nervenalterationen, z. B. Vertrocknen,  
 Absterben. Vertrocknen und plötzliche Temperatursteigerungen wirken als  
 Vernichter (cf. unten).

Die Ursachen der Erregbarkeitsveränderungen. — Sie liegen, nach dem Gesagten,  
 stammend in chemischen Schwankungen innerhalb der Nervensubstanz.

Durch Absterben, durch Thätigkeit, durch Wärme, durch Vertrocknen geht die alka-  
 lische Reaktion des Nerven, wie wir sahen, in eine saure Reaktion über. Hand in Hand  
 mit der Säurebildung gehen Veränderungen im Wassergehalt des Nerven, und es häuft  
 sich in ihm Kohlensäure an. Andererseits wird durch Mangel seiner normalen Thätigkeit,  
 die mit einer Säureproduktion verknüpft ist, die alkalische Reaktion des Nerven  
 vermindert. Dazu kommt noch, dass aus den Gewebsflüssigkeiten Stoffe in die  
 Nerven Centralorgane eintreten können, z. B. Kalisalze, Harnstoff,  
 Kohlensäure etc. (cf. oben S. 730), welche die Erregbarkeit wesentlich mo-  
 difizieren.

Meine Versuche haben gezeigt, dass eine künstliche Ermüdung des Nerven mög-  
 lich ist durch Imprägniren desselben mit denselben Stoffen, welche wir oben als ermüdende  
 für den Muskel und eben erst als Stoffwechselprodukte der Nervensubstanz kennen ge-  
 habt haben. Bei der künstlichen Ermüdung der Nerven steigt, wie bei der  
 natürlichen, die Erregbarkeit zunächst an, um darauf zu sinken. Durch  
 Neutralisation und Auswaschen der ermüdenden Stoffe kehrt die alte Erregbarkeit wieder  
 zurück. Die ermüdenden Stoffe für den Nerven sind: alle Säuren und Alkalien,  
 also die sauren und alkalischen Salze, von den neutralen Salzen vor Allem die Kalisalze.  
 Ebenso ermüdend wirkt Veränderung im Wassergehalt, sowohl eine Zunahme  
 als eine Abnahme desselben. Diese chemischen Veränderungen brauchen nur minimal zu  
 sein, um schon sehr wesentliche Aenderungen in der Erregbarkeit herbeizuführen. Von der  
 Kohlensäure beobachtete ich bisher nur eine die Erregbarkeit vermindern-  
 de Wirkung, Nervencentralorgane sterben rasch ab, die Nervenstämme bleiben aber unter ihrer lange  
 gesetzten Einwirkung in vermindertem Grade erregbar. Der Nerv bedarf wie der Muskel  
 zur Erhaltung seiner Erregbarkeit für längere Zeit keine Neuzufuhr von Sauerstoff, er besorgt  
 sich selbst seine physiologischen Oxydationen aus dem in ihm aufgespeicherten Sauerstoff (S. 729).  
 Die Thätigkeit des Nerven, seine Ermüdung, seine Restitution nach Ermüdung durch Un-  
 thätigmachen und Entfernen der ermüdenden Stoffe verlaufen in einer Wasserstoffat-  
 mosphäre ebenso wie in sauerstoffhaltiger Luft. Der Nerv stirbt bei höheren Temperaturen

in Sauerstoff sogar rascher ab als in Wasserstoff (J. RANKE, PFLÜGER UND EWALD, er ver sich hier wie ein dünner Muskel).

Die Zunahme der alkalischen Reaktion tötet den normalen Nerven sehr rasch. Ammoniakdämpfe tödten ihn ohne vorhergehende Erhöhung der Erregbarkeit. Lassen aber auf einen künstlich oder physiologisch gesäuerten Nerven Ammoniakdämpfe einwirken, so steigt, wie durch andere Alkalien, die Erregbarkeit des Nerven. Bei Nerven, die durch künstliche Steigerung ihrer Alkalinität in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt sind, bringen umgekehrt Säuren die normale Erregbarkeit zurück. Es stimmen diese Verhältnisse mit den an Zellenprotoplasma beobachteten (S. 449) vollkommen überein.

Die physiologischen und pathologischen Schwankungen der Nerven-erregbarkeit beruhen ebenfalls auf diesen chemischen Ursachen. Bisher ist davon vor Allem die Schwankung des Wassergehaltes der Nerven in verschiedenen Lebensaltern, Krankheiten etc. untersucht. Kindliches Alter und Ernährungsstörungen (Marasmus, Kachexie) sind durch grösseren Wasserreichthum, Cholera, mit einer Abnahme von Wasser in der Nervensubstanz verknüpft. Beide Ursachen bedingen zunächst eine Steigerung, zuletzt eine Schwächung der Erregbarkeit. Der mittlere normale Wassergehalt des Froschnerven beträgt 750/0 (Minimum 720/0, Maximum 790/0), die Grenzen des Nervenlebens liegen zwischen einem Wassergehalt von im Minimum 560/0, im Maximum 890/0. Schon eine ganz geringe Menge ermüdender, in den Froschnerven eindringender Stoffe führt seinen Tod herbei: von neutralen Kalisalzen (Chlorkalium) bedarf es zum Tod eines Froschnerven nur 0,2 Milligramm; von Säuren etwa 4 Milligramm, am raschesten tötet Phosphorsäure, von Kali thun das schon 0,35 Milligramm. Es geht weiter aus meinen Versuchen hervor, dass der Nerv eine Säuerung, wie sie physiologisch im Tetanus eintritt, viel besser verträgt, als eine Zunahme seiner normal schwach alkalischen Reaktion.

### Nervenreize.

Wie für den Muskel die normale Erregung stets von den Nerven aus geht, so werden den Nervenfasern die Anstösse zur Erregung bei normalen Verhältnissen durch die nervösen Centralorgane vermittelt.

Aehnlich wie der Muskel besitzt die Nervenfaser ihre eigene Irritabilität, so dass sie auch abgetrennt von den Centralorganen in den erregten Zustand überzugehen vermag; unter normalen Bedingungen wird diese idiomuskuläre Erregbarkeit jedoch ebenso wenig zur Bewegungsvermittlung benutzt, wie die idiomuskuläre. Die oben S. 724 besprochene Unterordnung der Bewegungen unter das Princip der Zweckmässigkeit für die Bedürfnisse des Organismus ist also nicht sowohl den Nervenfasern selbst als den nervösen Centralorganen übertragen. Ein mechanischer Reiz, auf die Continuität des Nerven ausgeübt, wie Durchschneiden, Zerren, Druck, Quetschen, bringt Muskelzuckungen hervor, die aber im Allgemeinen ebenso wenig für den Organismus zu leisten vermögen, wie die durch directe Reizung des Muskels entstandenen.

Das Studium der Nervenreize hat den Hauptzweck, den normalen Verlauf der Nervenirritation von den Ganglienzellen aus zu erklären. In therapeutischer Hinsicht ist es weiter nöthig, Nervenreize zu kennen, welche da, wenn der Zusammenhang der Nerven mit den Centralorganen gestört und dadurch die Aktion der Nerven und Muskeln gehemmt ist, gestatten, die betreffenden Organe zeitweise in Thätigkeit zu versetzen, um sie den schädlichen Einwirkungen der Unthätigkeit zu entziehen. Auch für diagnostische Zwecke sind derartige Reizungen vonnöthen, um zu entscheiden, ob bei gewissen krank-



Zuständen die Muskel- und Nervenregbarkeit fortbesteht oder nicht. Zu ärztlichen Zwecken eignet sich vor Allem die electriche Reizung des Nerven mit Hülfe von Intensitätsschwankungen (z. B. Unterbrechen und Durchfliessen) eines electricen Stromes. Ausgeschnittene Nerven und das Rückenmark reagiren auch, wie wir sehen werden, auf sehr starke und sehr schwache Ströme, die sie in konstanter Intensität längere Zeit durchfliessen (cf. folgendes Capitel).

Die chemischen Reize für den Nerven bedürfen einer stärkeren Concentration als für den Muskel (KÜHNE). Als chemische Nervenreize sind concentrirte Lösungen von Mineralsäuren, concentrirte Milchsäure und Glycerin, Alkalien, Alkalisalze zu nennen. Ammoniak und Metallsalze, die den Muskel tödten, tödten den Nerven, ohne Zuckungen auszulösen. Auch Wasserentziehung (durch Salze) und Vertrocknung wirkt bei einem gewissen Stadium tödend. Höhere Temperaturen tödten den Nerven, eine Temperatur von 40–50° C. erregt ihn hingegen, ohne zu tödten.

Zur Erregung des Nerven ist es erforderlich, dass rasch chemische (oder physikalische) Aenderungen in ihm eingeleitet werden (cf. Muskelreize), die nur eine Erhöhung seiner Erregbarkeit hervorrufen. Von Kohlensäure und vom gasförmigen Ammoniak beobachteten wir bei normalen Nerven sogleich Verminderung, resp. Vernichtung der Erregbarkeit, hingegen in Folge davon keine Erregung der Nerven hervor. Der Vertrocknungs- und Wärmereiz könnte vielleicht in dem durch die betreffenden Einwirkungen veranlassten Auftreten einer Säure im Nerven beruhen, welche wohl als normale physiologische Reiz des Nerven, sowie der Ganglienzellen und der Muskeln, angesprochen werden kann, da wir sahen, dass in ihnen eine Säure im Tetanus entsteht. Die rasche Bildung der Säure während der Muskelaktion wird auf electrolytischer Zersetzung vom Nerven aus zu führen sein.

---

### III. Thierische Electricität.

#### Einundzwanzigstes Capitel.

#### I. Der Muskel- und Nervenstrom.

---

In der Betrachtung der Lebesenseigenschaften der Muskeln und Nerven mehrfach die electricischen Ströme dieser Organe erwähnt, deren densein und gesetzmässigen Verlauf sowie ihre Veränderung mit den der Lebensbedingungen der Organe, in denen sie sich finden, von E. REYMOND der Wissenschaft gelehrt wurden. Ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand wurde bisher ausgesetzt, weil die betreffenden Erscheinungen so innig mit dem allgemeinen physiologischen Verhalten der Organe zusammenhängen, doch ein abgeschlossenes Forschungsgebiet für sich darstellen.

Es liegt uns die Zeit nicht ferne, in der man, anknüpfend an GALT'S Deckungen, die wichtigsten Lebensvorgänge alle als ein Spiel electricischer — electricischer Spannungen, electricischer Ströme — auffassen zu müssen. Zum Theil mit grosser wissenschaftlicher Energie wurden an dem G

## Zur Geschichte der thierischen Electricität (nach E. DU BOIS-REYMOND).

In keinem Gebiete der Naturforschung hielt sich eine wissenschaftliche Mystik so lange an dem uns vorliegenden. Hochtrabende Hypothesen, auf mit halbem Auge gesehene Trugger gestützt, bildeten bis auf unsere Tage die Hauptmasse ihres wissenschaftlichen Materials. Die physiologische Electricitätslehre war fast Nichts als eine Reihe mehr oder weniger schwacher Analogien und daran sich knüpfender Vermuthungen. Als Wissenschaft ist sie vollkommen neu erst von den Entdeckungen DU BOIS-REYMOND's datirend. Sein Werk: *Versuchungen über thierische Electricität*, erschien 1848.

Vor der Entdeckung des Galvanismus waren es die statisch-electrischen Erscheinungen, die Spannungselectricität, auf welche die Wünsche und Hoffnungen derer gerichtet waren, die sich mit Begründung der thierischen Electricität befassten. Man suchte durch sie, z. B. an thierischen Theilen: Federn, Pelz, getrockneten Nerven Spannungselectricität hervorzurufen und glaubte, wenn dies gelang, damit die electriche Natur des Nerven-Principes, wie man die im Nerven wirksame Kraft nannte, erwiesen zu haben. Man zog bei alle erdenklichen Beobachtungen herbei, die oft nicht einmal mit der Electricität im Zusammenhang etwas zu schaffen hatten: das Leuchten der Katzenaugen im Finstern, der Glühbirnen, das Blitzen der Augen eines Zornigen etc.

Auch wirklich wissenschaftliche, methodisch angestellte Versuche sind jedoch aus jener Zeit zu erwähnen. Man stellte Individuen auf einen Isolirstuhl und untersuchte, ob sich an ihnen, auf der Haut, Spannungselectricität nachweisen lasse. Hier steht an der Spitze SAUS-SCHULZ's Vater. Er entdeckte keine Regelmässigkeit in den electricen Erscheinungen und glaubte diese richtig der Reibung der trockenen, leicht electricisirbaren Epidermis an den Gliedern, z. B. bei dem Athmen, zu. HAMMER und GARDINI wollten in einer grossen Anzahl unabhängig von einander gemachter Untersuchungen bei Gesunden als das Normale eine positive Electricität gefunden haben. In Krankheiten solle diese verschwinden oder sich in eine negative electriche Spannung umwandeln (1794—1793). AHRENS machte unter PFAFF's Leitung (1817) mit den besten Hülfsmitteln und der grössten Sorgfalt ähnliche Untersuchungen, worin er die positive Electricität des gesunden Menschen bestätigte. Abends, bei reizbaren Personen, nach dem Genuss geistiger Getränke, ist die Menge der Electricität grösser. Die Frauen sind häufiger negativ electricch als die Männer, ohne dass man jedoch hierin eine feste Regel gefunden hätte. NASSE d. J. hat diese Versuche wiederholt und fand stets auch bei den Frauen positive Electricität, er leitete sie von der mit dem Versuche nothwendig verknüpften Verbindung an der Epidermis ab (1834). In neuerer Zeit sind von MEISSNER in dieser Richtung Versuche veröffentlicht worden.

Aus allen diesen Beobachtungen geht unstreitig hervor, dass bei Anstellung der betreffenden Versuche ein Quell von vornehmlich positiver Electricität gegeben sei. Es scheint, dass diese aber in der Reibung an den Kleidern und Apparaten beruhe. Man ist nach meinen Beobachtungen im Stande, den Körper des Menschen auf dem Isolirschemel stehend scheinbar vollkommen zu entladen und durch Reiben an der trockenen Epidermis, namentlich durch Bürsten der Haare dem Körper eine grössere Summe positiver Electricität wieder zuzurtheilen. Steigt zu einer »vollkommen entladenen« Person eine noch »geladene« auf den Isolirschemel, so strömt auf erstere ein Theil der Electricität der anderen Person über, die zuerst entladene zeigt sich wieder geladen. Bei dem Wiederherabsteigen der zweiten Person bleibt die erste in manchen Fällen mit negativer Electricität geladen zurück. Sowie die Haut feucht wird, z. B. bei stärkerer Körperbewegung, bei feuchter Luft, fehlt alle Spur von Spannungselectricität. Die ganze Frage selbst hat darum für die Physiologie wenig oder keinen Werth, weil die Spannungselectricität, wenn auch solche im Körper, wie sehr wahrscheinlich ist, sich bilden sollte, beständig mit der Erdelectricität sich ausgleichen muss, so dass keine Isolation stattfindet, so dass sich also nie irgendwie beträchtliche Mengen anhäufen

können. Uebrigens ist die Spannungselectricität zur Hervorrufung von örtlichen Wirkungen, worauf es in den Organismen allein ankommen würde, nicht geeignet.

Auch Blut und thierische Absonderungen wurden auf freie Spannungselectricität untersucht, die selbstverständlich erst nach dem Herausnehmen aus dem Körper entweichen kann, da im Körper die Bedingungen der electricischen Isolation nicht gegeben sind. In der Seide und die Fäden der Spinnen fand man negativ electricisch, das Blut positiv.

Die bisher besprochenen electricischen Erscheinungen haben mit dem Lebensvorgang nichts gemein. Sie bestehen noch fort nach dem Tode des Organismus. E. du Bois-Reymond hat das Gebiet der thierischen oder physiologischen Electricität auf nur jene Erscheinungen electricischer Natur beschränkt, welche an Thieren oder an Theilen derselben, so lange sie im Besitze ihrer Lebenseigenschaften sind, im unmittelbaren Zusammenhang der Ursache und Wirkung mit den Vorgängen des Lebens, wahrgenommen werden können. Es gehört demnach zur Definition, dass die fraglichen Erscheinungen mit dem Schwinden des Lebens mitschwinden und erlöschen.

So bleiben denn auch jene Erscheinungen electricischer Ströme in Organismen geschlossen als ein eigenes Grenzgebiet, welche nach dem Tode noch fortbestehen, aber in dem postulirten Zusammenhang mit dem Leben stehen, aber doch gerade wie Erscheinungen, die schon im lebenden Organismus bestanden haben können. Sie sind als Abgleichungsvorgänge von Processen anzusehen, welche durch das Leben eingeleitet wurden. Hierzu gehören die von ALEXANDER DONNÉ entdeckten electrochemischen Strömungen im Inneren des Körpers zwischen Absonderungsorganen von verschiedener chemischer Reaktion. Diese Ströme gehen noch fort an den ausgeschnittenen, ja faulenden Eingeweiden von saurer oder alkalischer Beschaffenheit. Es ist noch fraglich (?), ob diese Ströme schon vor den Bedingungen des Versuches, vor der Verbindung mit dem stromableitenden Bogen vorhanden waren, so dass es wenig zulässig erscheint, sie zur Erklärung für physiologische Vorgänge zu benutzen, wie es z. B. der Natur gelingt, saure und alkalische Flüssigkeiten abzusondern, zu brennen.

Das Wesentlichste in der ganzen Entwicklung der thierischen Electricität vor dem Tode ist die Entdeckung der »Zuckung ohne Metalle« und des sogenannten »Froschstromes« des electricischen Stromes, der sich an dem Gesamtfrosche zeigt, so lange er im Vollbesitze seiner Lebenseigenschaften ist.

Diese Entdeckungen, welche mit der des Galvanismus überhaupt zusammenfallen, gehören GALVANI und der Bologneser Schule an. Im September des Jahres 1786 war GALVANI mit seinem Neffen CAMILLO GALVANI beschäftigt, die Einflüsse der Luftelectricität, besonders des Blitzes, auf das noch jetzt als GALVANI'sches Präparat bezeichnete Froschpräparat zu studiren, welches aus den enthäuteten nur durch die Nerven mit dem Rückenmark zusammenhängenden Schenkeln des Frosches besteht. Es wurde, an einem kupfernen Haken befestigt, an dem eisernen Gitter von GALVANI's Landhause, wo die Versuche angestellt wurden, aufgehängt. Sowie sich die beiden Metalle berührten, trat ein Zucken des Präparates ein. GALVANI kam durch dieses Phänomen auf den Gedanken der thierischen Electricität, obwohl dieses mit einer solchen nichts gemein hatte, sondern vielmehr die Entdeckung der electricischen Ströme war, welche ihren Grund in den Ungleichartigkeiten der Metalle haben. GALVANI entging dieses Gesetz, und zwar um so leichter, da er das Zucken eintreten sah, wenn dem Präparate ein Bogen aus einem, wie es schien, vollkommen gleichartigen Metall angelegt wurde, so dass das Zuckung-Erregende bei diesen Versuchen nur die im gleichartigen Bogen strömende, abgeleitet thierische Electricität zu scheinen konnte.

VOLTA, der sich anfangs begeistert den Ansichten GALVANI's angeschlossen hatte, entdeckte bei ungleichartigen Metallen — in GALVANI's erstem Grundversuch waren es wie erwähnt Kupfer und Eisen — den wahren Sachverhalt, dass durch ihre Berührung electricische Ströme erzeugt werden, die die Reizung des Froschpräparates hervorgebracht hatten. Er wies nach, dass auch scheinbar gleichartige Metallbogen aus nur einem Metall durch allscheinbar unverfängliche Kleinigkeiten, wie Rost, Wärmeunterschiede, Politur und Raub

iedene Härtegrade, wie sie durch ungleiches Hämmern hervorgebracht werden etc., gleichartig werden können, dass ein genügend starker Strom entsteht, um das Muskelat zu erregen.

Nur erst entdeckte GALVANI den wahren Grundversuch der Electrophysiologie: Zuckung ohne Metalle, und wurde so der wahre Urheber der neuen Disciplin, die seiner Meinung nach schon Jahre vorher begründet hatte. Er beschreibt diesen Versuch dermassen: »Ich richtete das Thier nach der gewöhnlichen Weise zu, schnitt beide Nerven dicht an ihrer Austrittsstelle aus dem Wirbelcanal ab und trennte beide Beine voneinander, so dass jedes mit seinem Nerven gesondert zurückblieb. Sodann krümmte ich jeden Nerven in Gestalt eines Bogens, hob den anderen mit dem gewohnten Glasstäbchen auf und liess ihn auf den von dem anderen gebildeten Bogen in der Weise fallen, dass er an zwei Punkten traf, deren einer der Querschnitt des ruhenden Nerven war. Da das Bein des fallenden Nerven und manchmal auch beide Beine zucken. Der Versuch ist, wenn beide Beine vollständig isolirt sind und durchaus keine andere Verbindung mit der haben, als durch die Berührung der Nerven auf die vorbeschriebene Weise. Welche Gleichartigkeit wird hier nun zur Erklärung zu Hülfe genommen werden, wo die blossen Nerven mit einander in Berührung kommen?«

Der Bogen, den GALVANI in diesem Falle den Nerven anlegte, war der Nerv des anderen. Er leitete durch ihn wirklich einen electrischen Strom ab zwischen Querschnitt und einem Punkte der Längsoberfläche des Nerven, wodurch die Zuckung erfolgte. Damit war der Sachverhalt angedeutet, der sich nach den Untersuchungen E. DU BOIS-REYMOND'S zur Gesetzmässigkeit des Muskel- und Nervenstromes entwickelte.

VOLTA blieb mit Unrecht auch diesem Experimente gegenüber zweifelnd. Er suchte auch das, was er erst als durch den mechanischen Reiz des Auffallens entstanden ausschliessen zu wollen glaubte, später, als er die Unzulänglichkeit dieser Erklärung einsehen gelernt hatte, auf die Wirkung ähnlicher zufälliger Ungleichartigkeiten der Präparationsmethode entstammen zu erklären, wie sie bei der Anlegung von Metallen als der Grund electrischer Ströme erkannt worden war.

Nach GALVANI'S Tode (1798) kam trotzdem, dass sein Neffe ALDINI und ALEXANDER VON VONDT die Untersuchungen aufgenommen hatten, die ganze Frage besonders dadurch, dass neben so bedeutenden Namen unberufene Hände eingemischt hatten, mehr und mehr in Vergeß, bis 1827 LEOPOLDO NOBILI die electromagnetische Wirkung des Froschstromes als electrischen Multiplikator, dem er durch Anwendung der astatischen Doppelhelix einen bis dahin ungeahnten Grad von Empfindlichkeit für den electrischen Strom verliehen hatte, darthat. Schon VOLTA hatte gezeigt, dass man den GALVANI'schen Grundversuch noch in anderer als der von dem Entdecker angegebenen Weise demonstrieren könnte.

Volta wiederholte diesen VOLTA'schen Versuch, in dem ein GALVANI'sches Präparat, mit Wirbeln und Füßen in je ein Gefäss mit Wasser oder Salzlösung getaucht, zuckt, wenn man den beiden Gefässen mit einem Asbest- oder Baumwollendocht geschlossen wird. Wenn er in die Gefässe mit Salzwasser auf ihre Gleichartigkeit geprüfte Platinenden einbrachte, die mit seinem Multiplikator verbunden waren, erhielt er eine Nadelablenkung, die den Strom von den Füßen nach dem Kopfe oder von den Muskelmassen der Beine zum Rückgrate anzeigte.

Die Versuche von MATTEUCCI, an welche sich die Entdeckungen DU BOIS-REYMOND'S anschließen, brachten vor Allem den neuen Beweis, dass die Nerven, auf deren Vorhandensein Werth gelegt hatte, zu dem Entstehen des electrischen Stromes des Gesamtfrosches nöthig sind, so dass die Stromentwicklung auf den Muskel sich beziehen liess, die MATTEUCCI mit den electrischen Apparaten mancher Fische verglich.

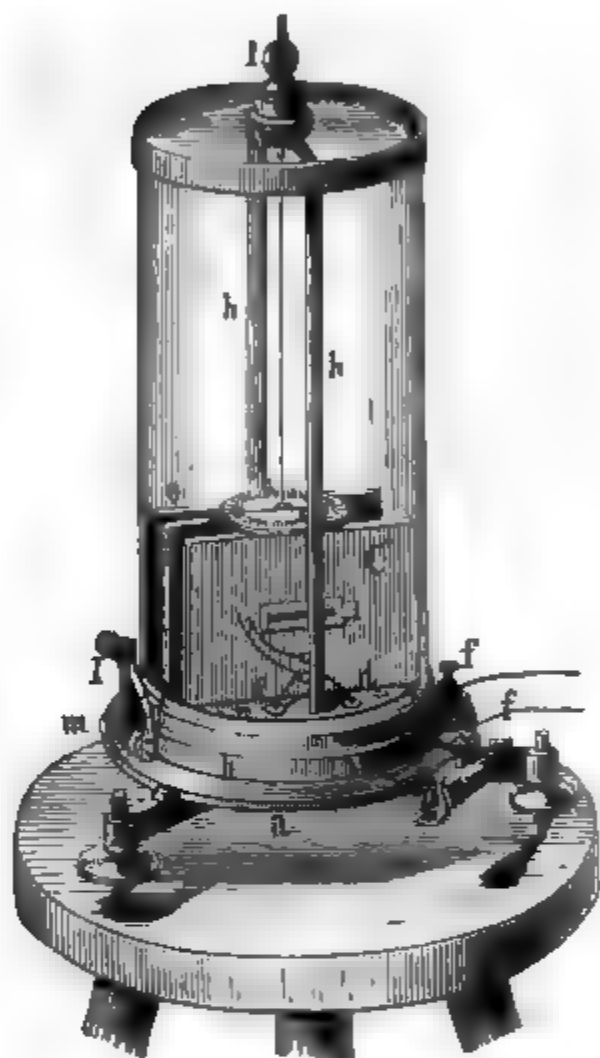
Im Januar 1848 erschien DU BOIS-REYMOND'S »Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den Froschstrom und die electromotorischen Fische«, dem im Jahre 1848 der erste Band der »Untersuchungen über thierische Electricität«



## Zur Methode.

Das erste Erforderniss zum Nachweis so zarter electromotorischer Eigenschaften die Ströme der Nerven, sind ausser einem, nach E. du Bois-Reymond's Vorgang Multiplikator (Fig. 175) mit sehr vielen Windungen — bis 32000 — mit möglichem Nadelpaare noch gleichartige Electroden, um vor Strömen, die

Fig. 175.



DU BOIS-REYMOND'S Multiplikator.

gleichartigkeiten der Multiplikatorendung, sicher zu sein. Du Bois-Reymond's polarisierbare Electroden, Zink in concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt, sind dem Bedürfniss vollkommen. Sie sind leicht galvanisch gleichartig zu erhalten auch unter der Einwirkung der mit geprüften Electromotoren keine Polarisation, welche, den primären Strömen entgegengerichtete Ströme erzeugend, Versuche von Zartheit, wie die in Frage kommenden, zu stören, in manchen Fällen sogar zu vermögen. Papierbüschel, welche in vitriollösung tauchen und sich mit ihr —, bedeckt mit feuchten Thonblättchen dem Zweck mit den Händen aus plastischer 40% Kochsalzlösung getränktem Thone gegeben, — dienen dazu, die auf ihre electrischen Eigenschaften zu prüfenden Gebilde leicht mit dem Multiplikator, dessen Dr. Zinktröge metallisch eingefügt sind, zu In den unpolarisirbaren Electroden hat man ein Mittel, auch äusserst geringe das Auge sichtbar, in ihrer Intensität zu machen.

In neuerer Zeit werden neben dem Multiplikator mit astatischem Nadelpaare für electrische Versuche auch vielfach Multipliker anderer Construction, z. B. MEISSNER'S

trogalvanometer oder die WIDEMANN'sche Bussole benutzt, welche beide anstatt der Nadeln schwerere ringförmige Magneten besitzen, welche durch genäherte Magnetpolen magnetisch oder besser noch aperiodisch (E. du Bois-Reymond) gemacht werden. Bei beiden Instrumenten geschieht die Beobachtung mit Scala und Fernrohr.

Die Multiplikatoren in dieser Weise angewendet haben Manches vor dem früher ausschliesslich zum Nachweis der thierischen Electricität benutzten Froschschenkel dazu gehörigen Ischiadnerven, dem Froschpräparat, voraus, welches man nun nicht in der oben angegebenen Weise GALVANI'S, sondern so herstellt, dass an dem entthäteten Lendenwirbel der Ischiadnerv in seiner ganzen Länge bis zum Wirbelcanal erhalten wird. Das prüfende Froschschenkel, das physiologische Rheoskop, ist durch den Multiplikator jedoch durchaus nicht aus der Untersuchung der electrischen Gewebeeigenschaften. Es hat den bemerkenswerthen Vorzug vor dem Multiplikator, dass es plötzlich vorübergehende Schwankungen in der Intensität galvanischer Ströme noch durch die Zuckung zur Erscheinung bringt, auf welche die Multiplikatornadel oder die Nadel durch das ihnen innewohnende Trägheitsmoment verhindert, nicht zu antworten. Wir werden Gelegenheit finden, mit dem Multiplikator gewonnene Resultate mit dem prüfenden Froschschenkel einer näheren Analyse zu unterwerfen.

## Erscheinungsweise des ruhenden Muskel- und Nervenstroms.

Entnimmt man nach E. du Bois-Reymond aus einem frischen, parallelfasrigen Muskel ein beliebig dickes oder dünnes Faserbündel und begrenzt dasselbe an einem Ende mit einem senkrecht auf die Faserrichtung geführten Querschnitt, legt dann die beiden unpolarisirbaren Electrosensiblen Multiplikators so an das Muskelstück, dass die eine Elektrode einen Punkt der Längsoberfläche, die andere einen Punkt des Querschnitts, so erfolgt eine Ablenkung des astatischen Magneten, welche einen Strom anzeigt: den starken Strom. Derselbe geht in dem absteigenden Bogen — den Electroden, Drähten und dem Multiplikator — vom Querschnitt des Muskels zum Querschnitt, im Muskel selbst also vom Querschnitt zum Längsschnitt. Es verhält sich der Längsschnitt gegen den Querschnitt.

Man erhält Ströme: schwache Ströme, wenn man zwei zu dem idealen Querschnitt des Muskels oder Muskelstücks, dem Aequator, ungleich gelegene Punkte des Längsschnittes in der angegebenen Weise mit dem Multiplikator verbindet. Die Ströme verlaufen im Muskel von dem Querschnitt näher gelegenen Ableitungspunkt zum Querschnitt näher gelegenen Ableitungspunkt oder zum Aequator selbst. Auch der (künstliche) Querschnitt zeigt solche Ströme. Zwischen zwei unsymmetrisch zur Axe, d. h. seinem Mittelpunkt, gelegenen Punkten zeigt sich ein Strom, der im Muskel von dem der Axe näher gelegenen Punkt oder der Axe selbst zu dem der Axe entfernteren (dem Längsschnitt näheren) Punkte verläuft. Dem Querschnitt näher gelegene Punkte verhalten sich electromotorisch wie die entfernteren analog wie Punkte des Querschnitts, sonach verhalten sich die dem Längsschnitt näheren Punkte des Querschnitts zu entfernteren analog wie Punkte des Längsschnitts, so dass das Gesetz der Stromentwicklung des Muskels als ein einheitliches erscheint. Vergleichungsströme cfr. S. 744.

Der Strom ist im Allgemeinen um so mächtiger, je dicker und länger das Muskelstück ist, von dem man ihn ableitet.

Den starken Strom erhält man auch, wenn man statt des künstlichen Längsschnittes den natürlichen, die natürliche Längsoberfläche des Muskels mit der Elektrode verbindet. Man braucht also zum Nachweis des gesetzmässigen Stromes nur an einem unversehrt heraus präparirten Muskel einen Längsschnitt anzulegen und Längsoberfläche und Querschnitt mit den Multiplikatorelektroden zu verbinden. Wie es am Muskel einen natürlichen Längsschnitt gibt, gibt es auch einen natürlichen Querschnitt: die Sehne, von der aus man ebenso wie von dem künstlichen Querschnitt Ströme in gesetzmässiger Weise erhält. Die Sehne ist negativ gegen die Längsoberfläche ihres Muskels, der Strom ist oft weit schwächer als der künstliche Querschnitt (wegen der paramechanischen Schicht cf. unten).

Wie der Muskel verhält sich der Nerv, das Gesetz des Muskelstromes ist auch das Gesetz des Nervenstroms. Die Ströme am Nerven Querschnitt, die unten zu besprechenden Neigungsströme, ebenso

ein wahrer natürlicher Querschnitt sind beim Nerven jedoch noch r  
gewiesen.

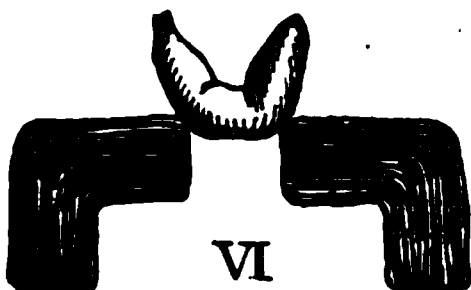
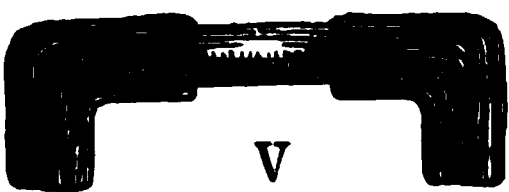
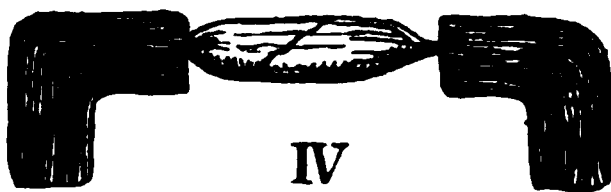
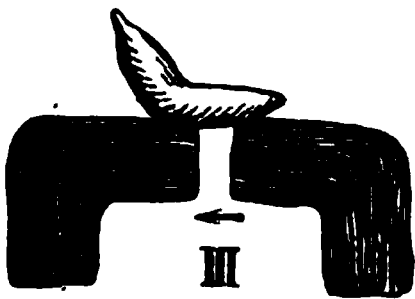
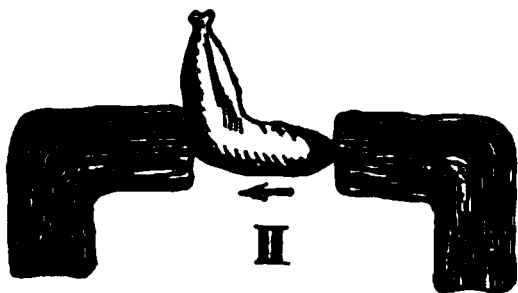
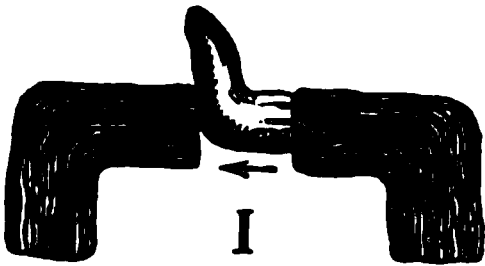
Du Bois-REYMOND selbst fasst (1848) das Gesetz des Muskelstromes in folgen  
sammen:

### E. DU BOIS-REYMOND'S Gesetz des Muskel- und Nervenstromes

#### I. Wirksame Anordnungen.

##### A. Starke Ströme.

Wird ein beliebiger Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnitte  
Fig. 476.



Ableitung des Muskelstromes. I, II, III  
wirksame Anordnungen; IV, V, VI un-  
wirksame Anordnungen; I Querschnitt  
und Längsschnitt; II Sehne und Längs-  
schnitt; III zwei vom Aequator verschie-  
den weit abliegende Punkte des Längs-  
schnittes. IV zwei Sehnen (natürliche  
Querschnitte). V zwei künstliche Quer-  
schnitte. VI zwei symmetrisch zum  
Aequator gelegene Punkte.

kels mit einem gleichfalls beliebigen Punkt  
lichen oder künstlichen Querschnittes des  
kels dergestalt in Verbindung gebracht, d  
keine electriche Spannung gesetzt wird,  
in den unwirksamen leitenden Bogen e  
stromprüfende Vorrichtung gleichwohl ein  
der von dem Punkte des Längsschnittes in d  
dem Punkte des Querschnittes gerichtet ist.

##### B. Schwache Ströme.

##### a. Ströme des Querschnitts (am Nerven nicht nachgewiesen)

Wird ferner ein Punkt eines natürlicher  
lichen Querschnittes eines Muskels auf d  
Weise in Verbindung gebracht mit einem an  
desselben Querschnittes, oder einem Punkt  
deren natürlichen oder künstlichen Quers  
selben Muskels, den wir als Cylinder der  
und sind beide Punkte von dem Mittelpunkt  
die die senkrecht auf die Axe des Cylinder  
Querschnitte darstellen, ungleich weit entfe  
die stromprüfende Vorrichtung abermals  
an, der aber viel schwächer ist als der vor  
und von dem weiter vom Mittelpunkte  
Punkte, in dem Bogen, zu dem ihm näher ge  
richtet ist.

##### b. Ströme des Längsschnittes.

Wird drittens ein dem geometrisch mit  
schnittes des Cylinders, den der Muskel vor  
gelegener Punkt des natürlichen oder künstli  
schnittes auf die nämliche Weise in Verbind  
mit einem entfernter von jenem Querschnitt  
Punkte des natürlichen oder künstlichen Läng  
desselben Muskels: so zeigt die stromprüfen  
tung abermals einen Strom an, der viel sc  
als zwischen beliebigen Punkten des natür  
künstlichen Längs- oder Querschnittes, de  
verschiedenen Punkten eines oder zweier  
oder künstlichen Querschnitte aber an St  
kommt, und von dem dem mittleren Quersc  
gelegenen Punkte in dem Bogen zu dem da  
teren gerichtet ist.

## II. Unwirksame Anordnungen.

Die stromprüfende Vorrichtung bleibt hingegen in Ruhe, wenn die beiden durch den ungesam leitenden Bogen verbundenen Punkte auf einem oder zweien natürlichen oder künstlichen Querschnitten gleichen Abstand vom Mittelpunkte, oder auf dem natürlichen oder künstlichen Längsschnitte gleichen Abstand vom mittleren Querschnitte haben.

## III. Neigungsströme.

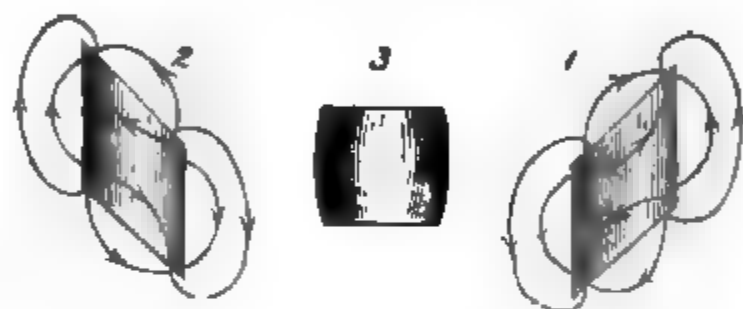
In den Jahren 1865 und 1866 hat E. DE BOIS-REYMOND noch eine weitere Art der Ströme kennen gelehrt, die Neigungsströme, deren Gesetz er folgendermassen darstellt:

Streckt man einen cylindrischen Muskel durch zwei parallele, schräg gegen die Axe gelegene Schnitte so zu, dass die Durchschnittsfigur einer durch die Axe senkrecht zu den beiden gelegten Ebene ein Rhombus ist, so entfaltet der Muskel neue electromotorische Eigenschaften. Die Punkte der Muskeioberfläche nahe den beiden stumpfen Rhombusecken verhalten sich nämlich stark positiv gegen die Punkte nahe den beiden spitzen Rhombusecken, gleichviel ob die Punkte dem Längsschnitt oder den schrägen Querschnitten angehören. Der Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt besteht dabei fort, aber wegen der Schräge letzteren in geringerem Maasse.

So bestehen fort am Längs- und Querschnitt die sogenannten schwachen Ströme vom Aequator nach den Grenzen am Längs- und Querschnitt, von den Grenzen nach den Polen. Die Längsströme summiren sich also zu den Strömen vom Längs-Querschnitt und zu den schwachen

am Längs- und Querschnitt. Nicht nur die letzteren, sondern wegen ihrer Schwäche die Folge der Neigung des Querschnittes auch die ersteren Ströme unterliegen dabei den Neigungsströmen, so dass der Strom zwischen einem Längsschnittpunkte nahe einer Rhombusecke und einem Querschnittpunkte nahe einer stumpfen Rhombusecke nicht, nach dem Gesetz des Muskelstromes sollte, ausnahmslos von ersterem zum letzteren, sondern zuweilen umgekehrt fliesst. Ja, so gross ist die den Neigungsströmen zu liegende electromotorische Kraft, dass man dieselben sogar über den Strom zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt siegen sieht. Am Gastrocnemius des Frosches (und anderer Thiere) treten wegen seiner schräg über einander gelagerten Muskelbündelansätze an Sehne natürliche Neigungsströme auf. Ebenso entstehen Neigungsströme, wenn man einen Muskelwürfel rhombisch dehnt (Fig. 177).

Fig. 177.



1, 2 Darstellung der Neigungsströme. 3 Muskelwürfel, der durch Dehnung zum Rhombus werden kann.

Die electromotorische Kraft der starken Muskelströme beträgt beim Muskel 0,08 DANIELL, die Kraft der Neigungsströme steigt über 0,1 DANIELL.

Die electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln ist abhängig von der Eigentemperatur dieser Organe. Nach J. STEINHAUSEN steigt die electromotorische Kraft des Nervenstroms bei allmählichem Erwärmen von 20° C. aufsteigend bis zu 44—45° C., wo sie mit etwa 44% ihres Maximum erreicht, darüber hinaus nimmt sie wieder ab. Für den Muskelstrom des Frosches beträgt die Steigerung etwa 25%, der anfänglichen electromotorischen Kraft, bei 40° also der Grenze seiner Wärmerstarre sehr nahe liegend. Bei rascher Erwärmung sinkt die electromotorische Kraft in beiden Organen stets sofort ab.

Der elektrische Strom gehört zu den wichtigsten Lebenserscheinungen des Muskels und Nerven. Er ist nur dem lebenden,

leistungsfähigen Muskel eigen. Nach dem Tode des Thieres nimmt die Stärke der Ströme seiner Muskeln nach und nach ab, und diese erlöschen, wenn sich die Todtenstarre des Muskels vollkommen ausgebildet hat. Eine merkwürdige Erscheinung zeigt der Strom noch oft vor seinem gänzlichen Erlöschen: eine Umkehr der Stromesrichtung, so dass sich der Querschnitt des Muskels nun negativ gegen den Querschnitt verhält. DU BOIS REYMOND hat den wesentlichen Zusammenhang des Muskelstromes mit den Lebenseigenschaften des Muskels noch durch eine Reihe anderweitiger Versuche erhärtet: Alles Uebrige gleich gesetzt, ist der Strom um so stärker, je leistungsfähiger der Muskel ist. Er erlischt bei Säugethieren früher als bei Fröschen, bei den Vögeln noch früher als bei ersteren. Es klärt sich dieses aus dem früheren oder späteren Auftreten der Todtenstarre. Daher erlischt er auch nach Strychninvergiftung, nach welcher BÄCKSTRÖM früher als bei anderen Todesarten die Todtenstarre eintreten sah, weil nach anderen den Muskel nicht wesentlich alterirenden Arten der Todesursache. Durch Verbluten oder Erstickung, durch Vergiftung mit Schwefelwasserstoffgas getödtete Thiere zeigen schwächere Muskelströme als gesunde. Auch die electrische Reizung des ausgeschnittenen Muskels, die dessen Leistungsfähigkeit auch im Uebrigen rasch vernichtet, hat auch denselben Erfolg auf den Muskelstrom.

Der Strom zwischen Quer- und Längsschnitt des Muskels ist so stark, dass er genügt, Erregung eines angelegten Nerven zu erzeugen, durch passende Anordnung genügt der Muskelstrom auch, um den eigenen Muskel zur Zuckung zu bringen, wie HERING in einem eleganten Versuche demonstirte. Der Muskelstrom wurde zwischen Quer- und Längsschnitt in derselben Weise von GALVANI zur Hervorrufung von Muskelzuckungen benutzt (S. 737); gelingt dieser Versuch der Erregung eines angelegten Nerven durch den Muskelstrom eines anderen Nerven, wenn ein Froschnerv mit dem Querschnitt des stark electromotorisch wirkenden Hechtmuskels in Querschnitt und Längsschnitt des stark electromotorisch wirkenden Hechtmuskels angelegt wird. (KÜHNE, STEINER.)

### Negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms und die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung.

Wir haben in vorausgegangenen Betrachtungen den Muskelstrom als Beweis dafür erkannt, dass in dem ruhenden motorischen Organen schon Kräfteentwickelungen vor sich gehen, die in ihrem letzten Grunde in organischen Oxydationsvorgängen beruhen. Der arbeitende Muskel unterscheidet sich in letzterer Beziehung von dem ruhenden, von dem er so wesentlich in seiner Kräftevertheilung unterscheidet.

E. DU BOIS-REYMOND hat bewiesen, dass sich das electromotorische Verhalten des Muskels und der Nerven während ihrer Thätigkeit wesentlich von dem in ihrem ruhenden Zustand zu beobachtenden unterscheidet.

Die thätigen Muskeln und Nerven zeigen eine Abnahme der negativen Schwankung ihres am Multiplikator ableitbaren electrischen Stromes.



liegt der Muskel mit Quer- und Längsschnitt auf den Bäuschen der unisirbaren Electroden des Multiplikators, so wird, wie wir gesehen haben, die Nadel durch den Muskelstrom abgelenkt. In dem Augenblicke, in welchem der Muskel vom Nerven aus irgendwie durch physiologischen, chemischen, mechanischen oder electrischen etc. Reiz in tetanische Zusammenziehung gebracht wird, schwingt die Nadel zurück, durch den Nullpunkt hindurch zeigt meist einen beträchtlichen Ausschlag in den entgegengesetzten Quadranten der Theilung, auf welcher die Nadel spielt.

Neuerdings unterscheidet E. du Bois-Reymond zwischen der negativen Stromschwankung, d. h. Veränderung des im Ableitungsbogen beobachteten Stromes und einer electrischen Kraftschwankung des gereizten Muskels. Unter letzterer versteht er die negative Stromschwankung verursachende Veränderung in der electromotorischen Kraft- oder Spannungsdifferenz der zur Ableitung benützten Punkte am Muskel und Nerven. Die grössten Werthe der Kraftschwankung am längsfaserigen Muskel während des Tetanus betragen nach seinen Messungen 0,4 des ruhenden Stromes. Relativ viel stärker, absolut kleiner findet er die negative Schwankung, wenn der Strom vom muskelfaserigen Querschnitt, d. h. von der Sehne abgeleitet wird. Künstliche Muskelbündel, aus einem parallelfaserigen Muskel hergestellt, zeigen die negative Schwankung in normaler Weise.

Die negative Stromschwankung ist am Multiplikator nur für die tetanische Erregung des Muskels nachzuweisen. Es war sehr wichtig, zu ermitteln, ob ebenso wie der Tetanus auch die einfache Zuckung mit einer negativen Stromschwankung verbunden sei. Es reicht zu dieser Entscheidung die Nadel des Multiplikators nicht aus, ihrer bedeutenden Trägheit wegen, sie verhindert, auf momentane Stromschwankungen zu antworten. Hier kommt das physiologische Rheoskop, der stromprüfende Froschschenkel, als Instrument ein.

Legt man an Quer- und Längsschnitt eines Muskels einen Nerven eines stromprüfenden Schenkels an, so zuckt letzterer in dem Momente, in welchem der Muskel zur einfachen Zuckung gereizt wird: secundäre Zuckung des Muskels aus, zum Beweise, dass auch bei der einfachen Zuckung eine Veränderung in der Intensität seines Stromes wie bei dem Tetanus erfolgt. Legt man den Muskel zum Tetanus, während der stromprüfende Schenkel in der angegebenen Weise anliegt, so verfällt letzterer in Tetanus: secundärer Tetanus. Der Tetanus tritt, wie bekannt, nur dann ein, wenn rasch nacheinander folgende Reize, z. B. rasch auf einander folgende Intensitätsschwankungen eines electrischen Stromes auf Muskel oder Nerv einwirken. So ergibt sich also aus diesem Versuche, dass die scheinbar einfache, lineare Zunahme der Stromstärke bei dem Tetanus, wie sie sich am Multiplikator als negative Schwankung zeigt, zusammengesetzt ist aus vielen rasch auf einander folgenden Stromschwankungen nach auf- und abwärts, die aber so rasch erfolgen, dass der Multiplikator auf jede einzelne nicht zu antworten vermag, und nur ihre Resultirende als eine fortschreitende Abnahme aufzeichnet. Der Tetanus des Muskels besteht also aus einzelnen Zuckungen, deren jeder eine negative Schwankung von sehr kurzer Zeitdauer entspricht.

So war es denn durch du Bois-Reymond erwiesen, was die Wissenschaft so

lange vergeblich gesucht hatte, dass die Krafterzeugung im Muskelnigste an electriche Vorgänge geknüpft ist.

Doch wie ganz anders hatte sich die Sache gestaltet, als man er Es schien nahe zu liegen, dass die electriche Ströme, die man im voraussetzte, in dem Gehirne entstanden, von dem man die Wi durch die Nerven den Muskeln mitgetheilt sah, mit einer Schnelag sie allein der Electricitätsfortpflanzung zuschreiben zu können gl Mittheilung schien in der Weise zu erfolgen, wie die Bewegungen graphenapparat. Im Gehirne hatte man sich eine galvanische Batte die ihre Ströme durch die Nerven als die Leiter der Electricitat de dem Schreibapparate analog — zusendet.

Durch die Entdeckung, dass die Muskeln selbst Electromotore allen derartigen Theorien die Spitze abgebrochen. Auch die Nerven sich nicht mehr als einfache Leiter einer Gehirnelectricitat denken. In fähigen Nerven kreisen, nach dem gleichen Gesetz wie im Muskel, B Absterben die electriche Ströme. Je leistungsfähiger der Ner grösser ist die Intensität seiner electromotorischen Kraft. Es ist g gleich mit einem leitenden Drahte und dem Nerven schon dadurch weisen, dass man ein eigenthümliches electromotorisches Verhalten gefunden hatte, das nicht zu dem Wesen des ersteren gehört.

Auch das lang geträumte bessere electriche Leitung der Nerven gegenüber den anderen thierischen Geweben stellte Täuschung heraus. Die feuchten Gewebe, mit Ausnahme der Kn alle etwa gleich gut oder vielmehr gleich schlecht — etwa 3 Millionen ter als Quecksilber (J. RANKE). Die vermuthete electriche Isolati veninnern durch die ölige Markscheide liess sich nicht erweisen. eignen sich nicht zu einfachen Leitern electriche Ströme im Letztere haben keinen Grund, gerade die Nerven als Bahnen zu verbreiten sich nach allen Richtungen ziemlich gleichmassig wegen solut gleichen Leitungswiderstandes aller animalen Gewebe, von der Oberhaut des menschlichen Körpers eine Ausnahme macht, indem trische Ströme der mangelnden Feuchtigkeit wegen beinahe voll durchgangig ist.

HELMHOLTZ, dem es schon gelungen war, die Muskelzuckung raschen Verlaufes in mehrere Phasen zu zerlegen, gelang es auch desselben Instrumentes, das zu jenen Versuchen gedient hatte, m beschriebenen Myographion, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nerven direct zu messen, die vermöge ihrer scheinbar blitzschnelle vor Allem den Gedanken an vom Gehirn durch die Nerven geleitet Ströme hervorgerufen und erhalten hatte. Indem HELMHOLTZ an nach einander den Nerven eines an dem Myographion zeichnenden S. 701 reizte, bemerkte er, dass die beiden auf dem beruhten gezeichneten Curven, die den beiden Reizungen entsprechen sich ten, sondern dass die von einem vom Muskel entfernteren Nerven erregte Zuckung um ein Messbares sich verspätet hatte gegen die v Muskel näheren Nervenstelle aus Fig. 178. Die graphische Meth wie wir oben angaben, den linearen Abstand des Anfanges bei

rect als Zeit zu messen, der Abstand der beiden gereizten Nervenstellen von einander konnte ebenfalls in einfacher Weise gemessen werden. Damit waren erforderlichen Daten für die Berechnung der Leitungsgeschwindigkeit im Nerven gegeben.

Die am motorischen Froschnerven beobachteten directen Werthe der Leitungsgeschwindigkeit sind 26—27 Meter in der Secunde; für den motorischen Nerven des lebenden Menschen fanden sie HELMHOLTZ und BAXT nach einer ähn-

Fig. 178.



*s s* Ort der Reizung des Nerven. *m* Anfang der ersten Curve, Reiz an der ersten Nervenstelle.  
*a* Anfang der zweiten Curve, Reiz an der entfernteren Nervenstelle.

Methoden im Mittel etwa zu 40 Meter. Die Leitungsgeschwindigkeit in den sensiblen Nerven ist etwa die gleiche. Die Electricität pflanzt sich in einer Secunde nach WHEATSTONE'S Messungen um 288 000 englische Meilen fort. So ergiebt auch dieses Experiment deutlich, dass die Erregung im Nerven nicht als eine einfache electricische Leitung in ihm gedacht werden dürfe. Es ist die Leitung der Erregung im Gegensatze zu der aprioristischen Annahme eine verhältnissmäßig langsam fortschreitende Molekularbewegung.

Um die vergleichsweise Langsamkeit der Bewegung der Nervenenerregung anschaulich zu machen, entnehmen wir du Bois-REYMOND folgende Tabelle.

Geschwindigkeit der Bewegung:	Meter in einer Secunde:
der Electricität (WHEATSTONE'S) . . . . .	464 000 000
des Lichtes . . . . .	300 000 000
des Schalles in Eisen . . . . .	3 485
- - - Wasser . . . . .	1 435
- - - Luft . . . . .	332
einer Sternschnuppe . . . . .	64 380
der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne . . . . .	30 800
der Erdoberfläche am Aequator . . . . .	465
einer Kanonenkugel (S. HAUGHTON) . . . . .	532
des Windes . . . . .	1—20
des Adler-Fluges (SIMMLER) . . . . .	35
der Lokomotive . . . . .	27
der Jagdhunde und Rennpferde . . . . .	25
der Nervenenerregung . . . . .	26—30
der Hand, einen Stein 24 m 5 hoch werfend . . . . .	21,9
der Muskelzusammenziehung . . . . .	0,8—1,2
der Welle des Arterienrohres (Puls) . . . . .	9,25
des Blutes in der Carotis eines Hundes . . . . .	0,2—0,3
- - - den Kapillargefäßen . . . . .	0,0006—0,0009
der Theilchen, welche durch Flimmerhaare bewegt werden . . . . .	0,00007

HELMHOLTZ bestätigte seine Resultate über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung in Nerven mittelst POUILLET'S Methode, mit Hülfe des electricischen Stroms kleine Zeiten zu

messen. Ein Strom von bestimmter Stärke lenkt die Magnetnadel (den Magneten) ein sole, eines Multiplikators, wenn er konstant um dieselbe geleitet wird, um eine bestimmte Winkelgrösse ab. Wirkt aber der gleiche Strom auf die Magnetnadel nur eine sehr kurze Zeit ein, so kann er dieselbe nicht ebenso weit ablenken, als wenn er die volle Entfaltung seiner Wirkung besessen hätte. Kennt man die Schwingungsdauer der verwendeten Magnetnadel und die konstante Ablenkung, welche eingetreten wäre, wenn der electrische Strom sie dauernd umkreist hätte, so kann man damit und aus der erhaltenen geringeren Ablenkung, welche durch einen sehr kurz dauernden Strom erfolgt, die Zeit berechnen, während der der Strom um die Magnetnadel kreiste. HELMHOLTZ bestimmte die Bestimmung der Erregungsleitung den electrischen Strom, der zur Erregung des Nerven und Muskels diente (einen Inductionsschlag), in demselben Augenblick in den Multiplikatorkreis eintreten, in welchem er auf den Nerven einwirkte. Durch die Contraction des Muskels wurde der Multiplikatorkreis geöffnet, so dass der Strom nur so lange um die Magnetnadel kreisen konnte, als die electrische Erregung des Nerven Zeit bedurfte, um die Muskelcontraction hervorzurufen. Reizte HELMHOLTZ an einem vom Muskel entfernten Punkte den Nerven, so war die Ablenkung der Nadel eine grössere, als wenn der Nerv direct an seiner Eintrittsstelle in den Muskel gereizt wurde. Die Differenz beider, aus den Ablenkungen zu berechnen, ist gleich der Zeit, welche die Erregungsleitung in der durchflossenen Nervenstrecke von der oberen bis zu der unteren Reizstelle bedurfte.

Für die Fortpflanzung der Erregung im menschlichen sensiblen Nerven bestimmte früher HELMHOLTZ die Geschwindigkeit ziemlich viel grösser als im Froschnerven angab, zu 60 Meter in der Secunde. SCHLESKE, HIRSCH, DE JAAGER fanden sie um die Hälfte kleiner, zu etwa 30 Meter, KOHLRAUSCH dagegen ziemlich viel grösser als HELMHOLTZ, zu etwa 90 Meter in der Secunde. Die Methode der Bestimmung besteht im Allgemeinen darin, dass ein Reiz an einem bestimmten sensiblen Reizung objectiv bezeichnet wird, während der Mensch die subjective Reizempfindung selbst markirt. Die Differenz kann nach verschiedenen Methoden gemessen werden. Die Zeitdifferenz fasst die Zeiten in sich, welche zur Leitung der sensiblen Erregung vom Reiz zum Gehirn, zur Uebertragung derselben auf den motorischen Nerven und zur Leitung zum Muskel erforderlich sind. Reizt man nun bald an einer dem Centralorgan näher, bald an einer messbar entfernter gelegenen Nervenstrecke = Hautstelle, so lässt sich die Veränderung der obigen Differenz, bezogen auf die veränderte Nervenlänge, die Leitungsgeschwindigkeit nähernd berechnen. DONDERs machte auf die Fehlerquellen bei diesen Versuchen aufmerksam. An den motorischen Nerven des Menschen bestimmten HELMHOLTZ und BARTHELEMY die Leitung in der Weise, dass sie die Verdickung der Daumenmuskulatur bei der Contraction direct auf das Myographion aufschreiben liessen, indem sie am Arm bald eine entferntere, bald eine nähere Nervenstelle reizten. Sie fanden hiebei, dass stärkere Reize sich schneller fortpflanzen als schwächere.

PFLÜGER gibt an, dass im Allgemeinen die Erregung von einer vom Muskel entfernten Nervenstelle aus einen höheren Erfolg hat als von einer ihm näher gelegenen. Er nennt diese Erscheinung: ein lawinenartiges Anschwellen des Reizes und sucht es durch fortschreitende Kräfteauslösungen in den einzelnen Nervenmolekülen, wodurch in jedem folgenden grössere Kräftesumme frei wird, anschaulich zu machen. Nach H. MUNK geschieht die Fortpflanzung der Erregung mit abnehmender Geschwindigkeit.

Es ist für die Leitung der Erregung im Nerven eine unerlässliche Bedingung, dass zwischen dem erregten Punkte und dem Endorgane, in dem der Erfolg der Erregung auftreten soll, der Nerv überall vollkommen intakt ist. Jede Unterbrechung in seinem Verlaufe, z. B. durch Zerschneiden, auch wenn die Seidenfäden wieder mit einander in directe Berührung gebracht sind, oder durch Quetschen, Unterbinden, Brennen, chemisches Zerstören, Anätzen, unter

die Leitung der Erregung vollkommen, obwohl diese Eingriffe die Leitung eines electricischen Stromes nicht oder kaum beeinträchtigen.

Alle das Leistungsvermögen des Nerven verändernden Bedingungen verändern auch sein Leitungsvermögen; das Durchleiten electricischer Ströme durch den Froschnerven in auf- oder absteigender Richtung (v. BEZOLD), ebenso Kälte und manche andere Einflüsse setzen das Leitungsvermögen des Nerven herab. HELMHOLTZ und BAXT konstatirten, dass die Werthe für die Erregungsleitung der motorischen Nerven des lebenden Menschen in sehr weiten Grenzen schwanken mit der Temperatur der in Frage kommenden Organe. Erwärmten oder erkälteten sie den Arm künstlich, an dem sie experimentirten, so bekamen sie Werthe für die Erregungsleitung, die sich um das Doppelte unterschieden: 45,5 bis 89,5 m in der Secunde. Dasselbe gilt, wie es scheint, auch für die sensiblen Nerven.

Die Erregungsleitung im Nerven ist ziemlich viel schneller als der analoge Vorgang der Erregungsleitung im Muskel. Für die Beobachtung mit unbewaffnetem Auge breitet sich, wenn nur eine beschränkte Stelle eines Muskels in den thätigen Zustand versetzt wird, die Contraction scheinbar sofort auf die ganze Länge der betroffenen Fasern aus. In Wahrheit verläuft dieser Vorgang mit einer so geringen Geschwindigkeit, dass man die Contraction in Form einer Welle über den Muskel unter dem Mikroskop hinlaufen sieht (KÜHNE). Directe Messungen ergaben diese Geschwindigkeit zu 800 bis 1200 mm in der Secunde für Froschmuskeln (ARBY, v. BEZOLD). BERNSTEIN macht eine etwas grössere Geschwindigkeit zu etwa 3 m in der Secunde wahrscheinlich. Kälte verzögert auch die Erregungsleitung im Muskel.

Der Erregungsvorgang im Nerven ist nach dem Beigebrachten also keine einfache Leitung eines electricischen Stromes. Vollkommen dunkel war dieser Vorgang, der Zustand der Nerventhätigkeit, welchen am Nerven keine Bewegung gröberer oder feinerer Art für das Auge sichtbar macht, bis E. du Bois-REYMOND die Entdeckung machte, dass in dem scheinbar vollkommen ruhigen Organe, während er den Muskel oder die Drüse zur Thätigkeit reizt oder während er Empfindung vermittelt, eine deutliche Veränderung bezüglich einer seiner Hauptlebenseigenschaften, seines electricischen Stromes sich bemerklich macht. Ist schon der Nervenstrom an sich ein nur mit den besten experimentellen Hilfsmitteln nachweisbares Phänomen, so ist die Demonstration der negativen Schwankung des Nervenstromes der zarteste physikalisch-electrische Versuch. Das Phänomen ist der negativen Schwankung des Muskelstromes während seiner Thätigkeit vollkommen analog. Während der Nerv Spannkkräfte des Muskels auslöst, nehmen seine am Multiplicator wahrnehmbaren electromotorischen Wirkungen ab. Die negative Schwankung des Nervenstromes ist vollkommen rein nur bei Reizung des Nerven auf nicht electricischem Wege zu erhalten, weil sich bei electricischer Reizung stets secundäre Einflüsse der electricischen Ströme auf den gereizten Nerven (Electrotonus S. 753) geltend machen (J. RANKE), trotzdem gelingt die Demonstration der Abnahme der electromotorischen Wirkungen wenigstens bei lebensfrischen Nerven mit Hülfe tetanisirender electricischer Reizung, sicher mit dem Inductionsapparate — dem du Bois-REYMOND'schen Schlitten-Magnetelectromotor. — Die Fähigkeit, die negative Stromschwankung zu zeigen, ist eine der wichtigsten Lebenseigenschaften



des Nerven. Der Nervenstrom selbst ist an das Leben des Nerven gebunden. Sowie der Nerv in seiner Hauptlebenseigenschaft, in der Fähigkeit Zuckungen des Muskels oder Empfindungen zu erregen, herabgesetzt ist, so nimmt ganz in demselben Verhältnisse dieser Herabsetzung der Nervenstrom ab, um mit dem vollkommen eingetretenen Tode des Nerven vollständig zu verschwinden. Noch eher als der Nervenstrom selbst verschwindet seine negative Schwankung; nachdem er ein oder einige Male auf tetanisirende Reizung gezeigt hat, wobei sie zuerst etwas an Stärke ansteigt, nimmt sie immer mehr und mehr ab, endlich verschwindet sie ganz.

BERNSTEIN hat messende Versuche über den zeitlichen Verlauf der negativen Stromschwankung zunächst im Nerven angestellt. Es ergab sich, dass an der gereizten Nervenstrecke die negative Stromschwankung unmessbar kurze Zeit nach dem Reiz beginnt mit grosser Geschwindigkeit zu ihrem Maximum ansteigt und dann langsamer wieder abnimmt. Gleichzeitig pflanzt sich aber die negative Stromschwankung von der gereizten Stelle aus und zwar mit einer gemessenen Geschwindigkeit von 28 m in der Secunde, ein Wert, welcher mit dem von HELMHOLTZ für die Fortpflanzung der Erregung (26—27 m) im Nerven übereinstimmt und dadurch den innigen Zusammenhang beider Erscheinungen weiter bestätigt. Bei dieser Fortpflanzung der negativen Stromschwankung im Nerven gibt es stets Punkte, welche sich gleichzeitig in den verschiedenen Phasen der Erregung — Minimum und Maximum der negativen Stromschwankung — befinden. Ueber die gleichzeitig in Erregung befindliche Nervenstrecke läuft nach BERNSTEIN'S Bezeichnung die Reizwelle ab, deren Länge = der gleichzeitig in Erregung begriffenen Nervenstrecke, er mittel zu 48,76 mm bestimmte. Ganz analog ist das Verhalten der negativen Stromschwankung des Muskels. Sie fällt ganz in das Stadium der »latenten Reizung« und geht sonach dem Bestande der wirklichen Erregung, der Contraction, voraus. Die negative Stromschwankung verläuft auch im Muskel annähernd mit derselben Geschwindigkeit wie die Fortpflanzung der Erregung. Der Muskel erleidet daher zuerst die electrische Veränderung, ehe er sich verkrampft.

F. HOLMGREN hat neuerdings gefunden, dass auch der electrische Strom der Retina und des Sehnerven bei warmblütigen Thieren auf Lichtreiz eine negative Stromschwankung zeigt, ein Phänomen, das schon E. DU BOIS-REYMOND gesucht hatte. Unwirksam sollen die ultrarothten Strahlen sein, am stärksten wirksam die Strahlen aus der Mitte des Spectrums, und noch merkbar wirksam die ultraviolettten. Beim Frosch soll die Reizung der Retina mit einer positiven Schwankung (?) des Retinastroms verbunden sein, an Fische konnte er keine Stromschwankung auffinden. Die Retinaströme selbst sollen ganz mit dem Gesetze des Muskel- und Nervenstroms stimmen. Die Netzhaut wird dabei als der natürliche Quer- und Längsschnitt des Opticus angesprochen, ersteren stellen die Stäbchen und Zapfen, letzteren die Nervenfaserausbreitung dar.

Auch bei dem Nervenstrom bemerken wir die schon für den Muskelstrom besprochene Erscheinung, dass er manchmal kurz vor dem Erlöschen seine gesetzmässige Richtung vom Längsschnitt zum Querschnitt im Multiplikatorkreis umkehrt, so dass sich nun der Längsschnitt negativ gegen den Querschnitt zeigt. Es kann diese Stromesumkehr eintreten zu einer Zeit, in welcher die negative Stromschwankung spurweise noch vorhanden ist. Dies hat denn auch ihr Vorzeichen geändert, da der ganze Strom jetzt negativ ist, ist sie positiv im Sinne des ehemaligen normalen Stromes.

**Organströme.** — Am Rückenmark, das wie der Nerv selbst seiner Hauptmasse nach als ein Convolut längslaufender Nervenfasern erscheint, ist ebenfalls ein relativ starker electrischer Strom nachzuweisen. Dieser zeigt die gesetzmässige Richtung des Muskel- und Nervenstroms. Im lebenden Thiere ist das Rückenmark von einem starken aufsteigenden Strom durchflossen, dessen wir oben als »Froschstrom« schon gedacht haben, der seine Entstehung der Gesamtwirkung der Muskeln, vor Allem der unteren Extremitäten verdankt; der gleiche

aufsteigende Strom durchfliesst auch die Nerven der unteren Extremitäten. R. CATON gibt regelmässige Gehirnströme bei Säugethieren an, die Oberfläche des Gehirns sei positiv gegen die Vertikalschnittfläche. Derselbe will auch an gewissen Hirnstellen: den motorischen Centren (cf. bei Gehirn), »Stromschwankungen« beobachtet haben, bei bestimmten willkürlichen Gehirnerregungen.

Auch die Haut des Frosches wirkt senkrecht zu ihrer Fläche electromotorisch, der Strom geht von aussen nach innen. Durch Reizung der Hautnerven bei Frosch und Kaulquappe wollen L. HERMANN und LUCHSINGER eine Veränderung, eine Schwankung dieses Stroms, und zwar entweder eine negative oder häufiger eine positive, gefunden haben, welche sie als Secretionsstrom deuten. Diese Beobachtungen stehen im Widerspruch gegen jene von RÖBER und ENGELMANN. Die Hautströme müssen zum ungestörten Nachweis des Froschstromes (= der Summe der Muskelströme) am unenthäuteten Thier eliminirt werden, z. B. durch Aetzung. Die Schwäche der electromotorischen Wirksamkeit, der unenthäuteten Frösche, beruht dabei noch im Wesentlichen auf vorhandenen Nebenschliessungen. Die Lymphe, welche unter der Haut die Muskeln umspült, stellt wie die Haut selbst eine Nebenschliessung zum Gesamtmuskelstrom her, welche das Hereinbrechen des Stroms in den Multiplikatorkreis verhindert (E. DU BOIS-REYMOND, H. MUNK). Die menschliche Epidermis besitzt trocken ein sehr geringes Leitungsvermögen, wodurch in Verbindung mit electrischen Hautungleichartigkeiten der Nachweis der Muskelströme am unversehrten Menschen misslingt. Die negative Schwankung des Gesamtmuskelstromes lässt sich dagegen auch am unversehrten Thiere und Menschen nachweisen. Reicht man die Finger oder Zehen beider Extremitäten in die Zuleitungströge resp. deren Isolirung, so bleibt die Multiplikatornadel ziemlich in Ruhe, contrahirt man nun aber die Muskeln der einen Extremität — z. B. des einen Arms —, während die andere in Ruhe bleibt, so tritt ein oft sehr starker Strom, aufsteigender Strom, ein. Das ganze Hinterbein des enthäuteten Frosches zeigt bei der Contraction dagegen einen absteigenden Strom.

ENGELMANN zeigte, dass die Rachenschleimhaut des Frosches ebenfalls electromotorisch wirksam ist, analog wie die übrige Haut. J. ROSENTHAL fand regelmässige Drüsenströme an der Magenschleimhaut auf, die demselben Gesetze folgen. An den regelmässiger gebauten Drüsen, Leber etc., sind bisher keine konstanten electromotorischen Wirkungen beobachtet.

## Du Bois-REYMOND's Theorie der thierischen Electricitätsentwicklung.

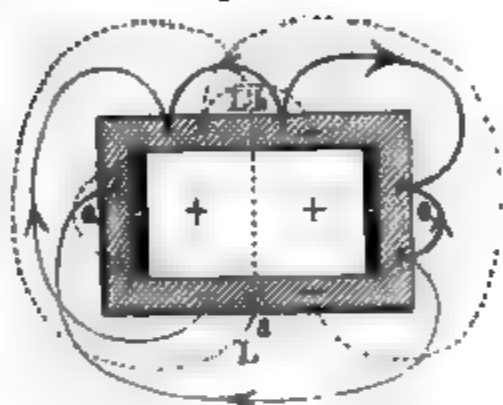
E. DU BOIS-REYMOND stellte eine physikalische Theorie für die Stromentwicklung in Nerven und Muskel auf. Die Hauptströme (starken Ströme) lassen sich wie vom Muskel und Nerven erhalten von einem an beiden Enden überkupferten Zinkcylinder: auch an einem Nerven gehen sie vom Querschnitt zum Längsschnitte. Die Nebenströme (schwachen Ströme) kommen erst dann auch zur Erscheinung, wenn das Schema in eine leitende Flüssigkeit eingelegt wird (Fig. 479), und an diese, nicht direct an die Metalle selbst, die Electroden angelegt werden. Die sich beständig in der leitenden Flüssigkeit abgleichenden electrischen Spannungen sind dann am stärksten am Aequator und an der Axe des Schemas; gegen Aequator und Axe unsymmetrisch gelegene Punkte haben verschiedene Grade der Spannung, sie zeigen so gegen einander Ströme und zwar weit schwächere als die Hauptströme. Der Strom, welchen der Multiplikator anzeigt, ist, da der Multiplikator an die leitende Flüssigkeit, nicht an den Electromotor selbst, angelegt ist, ein Zweigstrom, dessen Intensität nicht direct von der Stärke des electrischen Vorganges, sondern von dem geringeren oder grösseren Leitungs-widerstand im ableitenden Bogen, zu dem der Multiplikator gehört, abhängig ist.

Auch im Muskel und Nerven nimmt E. DU BOIS-REYMOND den eigentlich electromotorisch wirksamen Theil eingelagert an in eine leitende Flüssigkeit. Die Ströme, welche die electromotorisch wirksamen Organe entwickeln, sind wie in dem eben beschriebenen Schema

**Zweigströme**, die an sich direct keinen Schluss auf die Stärke der in den unteren Organen selbst stattfindenden Strömungsvorgänge gestatten. Letztere können in der Schwäche der nach aussen sichtbar werdenden electromotorischen Eigenschaften desto stark sein.

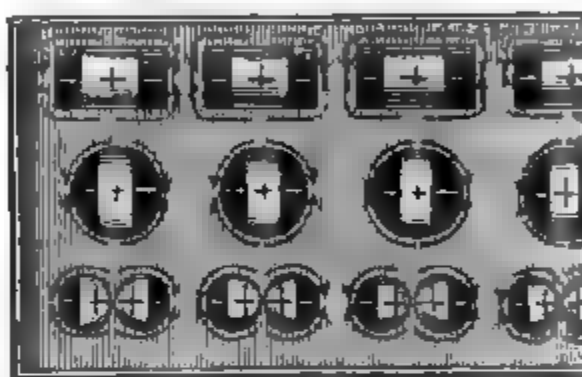
In der gegebenen Form reicht das Schema nur aus für die Erklärung des electrischen Verhaltens des Gesamtnerven und Gesamtmuskels. Beide lassen, in die noch von Querschnitt und Längsschnitt begrenzten Stückchen zerspaltene, den Strom der gesetzmässigen Richtung wahrnehmen. Die electromotorischen Kräfte müssen in sehr kleine Organtheilchen, auf Moleküle, bezogen werden, welche regelmässig regelmäßig angeordnet, in die leitende Flüssigkeit eingebettet sind. Du Bois-Reymond bildet diese electromotorischen Organmoleküle analog dem Gesamtschema nach durch kleine an den Enden kupferne Zinkcylinderchen, oder kleine Kugeln mit einer Zinkmittel- und zwei Kupferperipolare Moleküle, in der geforderten regelmässigen Anordnung

Fig. 179.



L Längsschnitt. Q Querschnitt. a b Aquator. Die Pfeile geben die Stromrichtung an, die Dicke ihrer Linien die Stärke der electrischen Ströme zwischen den verbundenen Punkten. Die gestrichelten Bögen: unwirksame Anordnungen.

Fig. 180.



Electrische Moleküle des Muskels und Nerven. Die ersten und zweiten Reihe peripolare. In der dritten Reihe dipolare, aber peripolar angeordnete Moleküle.

leitende Flüssigkeit eingebettet (Fig. 180 I, II). Man kann sich jedes der peripolaren Moleküle noch weiter getheilt denken in je zwei halb aus Zink, halb aus Kupfer bestehende Moleküle, die in dem electromotorischen Organschema zur Erläuterung der beobachteten electromotorischen Erscheinungen zunächst so zu einander stehen, dass die Kupferseite nach aussen kehrt, die Zinkseite des zweiten ist gegen die Zinkseite des ersten gerichtet, die Kupferseite des dritten gegen dieselbe des zweiten, so dass solcher Moleküle zusammen eines der zuerst geschilderten mit zwei kupfernen Peripolaren und einer Zinkmittelzone darstellen: peripolar angeordnete dipolare Moleküle (Fig. 180 III).

Die Anschauung (Fig. 180) ergibt, wie mit Hilfe dieses Schemas die uns bisher gewordenen electrischen Phänomene sich erklären lassen. Um den Vorgang der Stromwährend des Absterbens anschaulich zu machen, hat man sich eine Drehung der elektrischen Moleküle um  $180^\circ$  zu denken, wodurch die electrischen Gegensätze vollkommen umgekehrt werden. Die peripolare Anordnung der dipolaren Moleküle bleibt auch nach dieser Drehung bestehen. Bei der negativen Schwankung ist die Axendrehung der Moleküle keine vollständige, sie nehmen eine mittlere Stellung zwischen der vollkommenen Drehung und der normalen Ruhelage ein. Im Uebrigen gilt das Gleiche wie bei der Stromumkehr. Das reicht auch für die Erklärung der Neigungsströme aus. Auf den schief abgetragenen Muskelflächen bilden die Moleküle staffelförmige Reihen, woraus sich z. B. aus der zeitigen Anwesenheit einer Querschnitts- und einer Längsschnittsparte an jeder solchen Stelle die Schwächung der electromotorischen Eigenschaften des schiefen Querschnitts gegen den geraden ergibt.

Die Ströme zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Muskels — seiner Sehne — zeigen sich oft, namentlich im Winter, wenn Fische, die zu den Versuchen dienen, der Kälte ausgesetzt waren, sehr schwach im Vertheilung mit denen, die sich vom künstlichen Quer- und natürlichen Längsschnitt ableiten lassen: die Muskeln zeigen ein *parelectronomisches* Verhalten. Diese *Parelectromotie* kann so hoch entwickelt sein, dass man unter diesen Umständen keinen oder sogar umgekehrt gerichteten Strom bekommt. Die Ströme erhalten jedoch sofort ihre normale Richtung und Stärke, sowie man die Sehne mit ätzend wirkenden Substanzen: stärkeren Alkalien, Alkalien, Salzlösungen, Kreosot bestreicht, oder sie mit heissen Körpern versengt. *Bois-Reymond* erklärt diese von ihm entdeckte Erscheinung daraus, dass sich bei den *electronomisch* wirkenden Muskeln eine an die Sehne angrenzende Schicht von Muskelsubstanz befindet, welche, der oben beschriebenen Stromumkehr entsprechend, entgegengesetzt *electromotorisch* wirkt, wie der normale Muskelstrom, so dass dessen Wirkungen zum Theil oder ganz compensirt oder sogar übercompensirt werden. Um sich diese *parelectronomische Schicht* theoretisch anschaulich zu machen, genügt es, am Schema des Muskels von jedem letzten System der peripolar angeordneten dipolaren Moleküle das äusserste Ende wegzulassen, so dass das jetzt letzte seine positive Seite dem Querschnitt zukehrt.

### Chemische Theorien der thierischen Electricität.

*Bois-Reymond's* schematische Theorie der *electromotorischen* Wirkungen der Nerven und Muskeln reicht vollkommen aus zur Erklärung des am Muskel und Nerven in dieser Beziehung Beobachteten. Es drängt sich uns mit Nothwendigkeit der Gedanke auf, dass die Molekulartheorie mehr als eine blosse Hypothese ist. Die *electricischen* Moleküle *Bois-Reymond's* mit zusammengesetztem Bau und gesetzmässiger Stellung werden in *electricisch* wirkenden Organen wirklich vorhanden sein. Es werden sich entsprechende, öfteren Veranlassung gebende *electricische* Ungleichartigkeiten an kleinsten oder sehr kleinsten Organtheilchen auffinden lassen, auf deren Anwesenheit und Veränderung die Veränderungen der Stromentwicklung im ruhenden, arbeitenden und abgestorbenen Organe, in denen der Strom Null geworden ist, beruhen.

*Dr. Bois-Reymond* weist darauf hin, dass man sich die *electromotorischen* Moleküle als Theile eines besonders lebhaften Stoffwechsels vorstellen könne.

Nach meinen, von *Röber* vollständig bestätigten Beobachtungen genügt die bei dem Absterben der Muskeln und Nerven, sowie bei ihrer Aktion auftretende Fleischmilchsäure, zur Vernichtung der *electromotorischen* Wirkung bei dem Absterben, sowie die negative Anziehung und die auf den Tetanus folgende Schwächung der *electromotorischen* Wirkung zu erklären. Eine geringe Ansäuerung der Nerven- und Muskelsubstanz macht Nerv wie Muskel stromlos, Neutralisation der Säure bringt den Strom zurück. Andere Säuren wirken ebenfalls, vor Allem das den Muskel ermüdende saure phosphorsaure Kali.

*Bois-Reymond* beobachtete weiter, indem ich den inneren Grund der Carminfärbung erkannte (S. 93 O.), dass im lebenden Nerven und Muskel, ihrem regelmässigen mikroskopischen Bau entsprechend, regelmässig gelagerte Herde eines besonders lebhaften Stoffwechsels sich finden, in welchen letzterer sich auch hier durch Bildung einer Säure documentirt. In der Nervenmarkung ist der Axencylinder der Säurebildungs-herd, im Muskel die Zwischensubstanz, während doppelbrechenden Fleischtheilchen wie die ebenfalls aus doppelbrechender Substanz bestehende Nervenmarkscheide alkalische Reaction zeigen. Auf diesen regelmässigen chemischen Ungleichartigkeiten beruhen die regelmässigen *electromotorischen* Wirkungen der Organe. In jeder Zelle ist besonders der Kern ein Centralherd der Säurebildung. Regelmässig gelagerte Zellenreihen, wie in der Froschhaut, den Magendrösen etc. geben daher ebenfalls Anlass zu regelmässigen *electromotorischen* Wirkungen. Der Grund der negativen Anziehung und der Schwächung der *electromotorischen* Wirkungen durch die Säuerung

beruht darin, dass dadurch, dass die früher alkalischen Gewebspartien ebenfalls sauer oder wenigstens schwächer alkalisch werden, annähernd eine chemische und dadurch electriche Gleichartigkeit des ganzen Gewebes eintritt. Durch Neutralisation der Säure in den normal alkalischen Gewebspartien stellt sich die normale chemische und damit die electriche Differenz wieder her.

Unsere Anschauung von dem Vorgang der negativen Schwankung ist die, dass auf den normalen Reiz zunächst an der gereizten Stelle eine Steigerung des Stoffwechsels, Milchsäurebildung erfolgt, dieselbe bewirkt zuerst die negative Schwankung und beim Nerven ein Stadium der erhöhten Erregbarkeit (S. 733), und darauf die wirkliche Erregung. Untersuchungen über Gährung (J. RANKE u. A.) beweisen, dass die Anwesenheit geringer Säuremengen die organischen Stoffwechselvorgänge beschleunigt, von der primär sauren Stelle aus verbreitet sich die Steigerung des Stoffwechsels und damit die Säurebildung in Nerven- und Muskelfaser weiter, gleichzeitig negative Schwankung, erhöhte Erregbarkeit, Reizung bewirkend.

Du Bois-REYMOND fand, dass während der negativen Schwankung des Muskelstroms der Leitungswiderstand der Muskelsubstanz gegen electriche Ströme etwas größer ist als in der Ruhe, so dass also die Verminderung der electromotorischen Wirkungen eine Zeit fällt, in welcher die Widerstände im ableitenden Bogen nicht zu- sondern abgenommen haben. Ich konnte nachweisen, dass der abgestorbene Muskel, der keine electromotorischen Wirkungen mehr zeigt, etwa um das Doppelte besser leitet als der lebende. Es gelang mir, den inneren Grund dieses Vorganges auf chemische Veränderungen im Muskelsafte zurückzuführen. Es ist ebenfalls die Bildung von Milchsäure und anderen verhältnissmässig gut leitenden Zersetzungsprodukten im Muskel, zum Theil schlecht oder vielmehr an sich gar nicht leitenden Stoffen, der Grund für die Zunahme des Leitungsvermögens des Muskels während der Contraction sowohl als während des Absterbens. Diese Beobachtung war insofern nicht unwichtig, weil sie zum ersten Male mit aller Entschiedenheit eine electriche Gewebeeigenschaft auf chemische Ursachen zurückführte. —

L. HERMANN hat eine Theorie der electromotorischen Gewebs-Wirkungen aufgestellt, nach welcher dieselben erst bei dem Absterben der Gewebe auftreten sollten. Absterbende oder in ihren Lebenseigenschaften geschwächte Gewebssubstanz verhalte sich negativ gegen lebende, resp. lebensstärkere. E. DU BOIS-REYMOND, H. MUNK u. A. haben diese Theorie und die Grundlagen, auf denen sie L. HERMANN aufgebaut hatte, widerlegt.

## II. Der electriche Strom in seinen Einwirkungen auf die Lebenseigenschaften der Gewebe.

Wir haben bisher gefunden, dass der electriche Gewebsstrom in einer engen Wechselbeziehung stehe mit den Lebenseigenschaften der Gewebe. Wir sahen, wie jede Schwächung der letzteren sich als eine Schwächung der electromotorischen Kraft geltend macht: mit dem Aufhören des Lebens verschwinden die electriche Wirkungen; während der Thätigkeit der Organe verändert sich ihr electromotorisches Verhalten wesentlich. Nun tritt uns die wichtige Frage entgegen: was für einen Werth haben diese electriche Störungen im Haushalte des Organismus? Ihr Gebundensein an die volle Lebensenergie der Organe weist uns darauf hin, dass sie für den Lebensprocess selbst



hoher Wichtigkeit sind. Zum Theil wenigstens gelingt es uns, die physiologische Wirksamkeit der Organströme zu verstehen. Der electriche Strom Muskeln und Nerven übt in den Organen, in denen er kreist, bis zu einem gewissen Grade ähnliche, ja die gleichen Wirkungen aus, wie ein von aussen diese Gewebe in gleicher Richtung einwirkender electriche Strom.

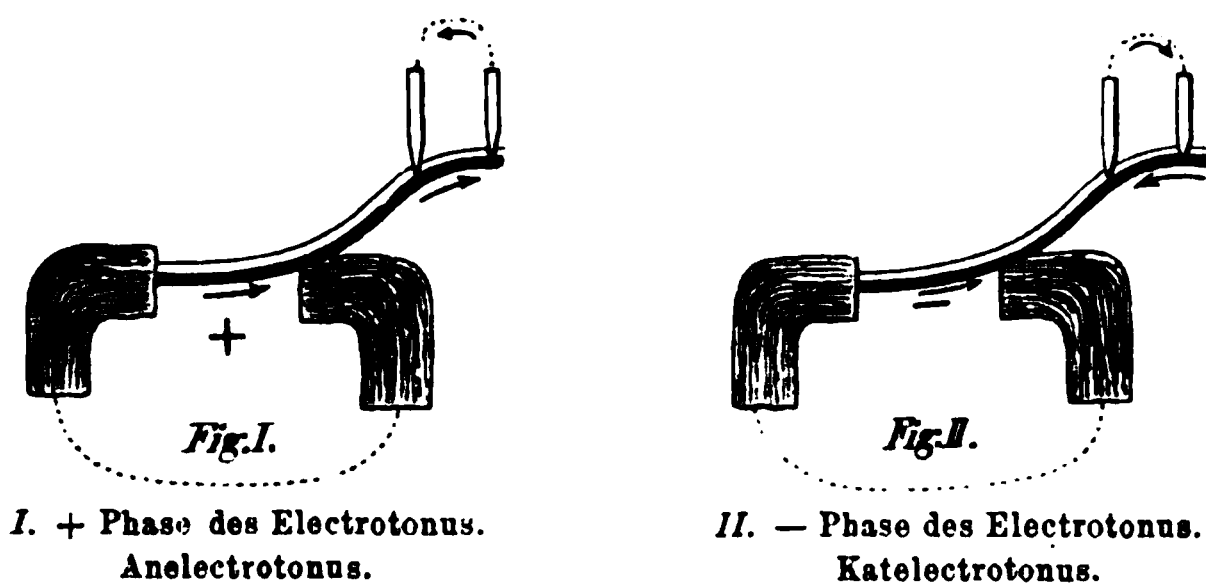
### Electrotonus.

Leitet man durch eine Strecke eines Nerven einen konstanten galvanischen Strom (polarisirenden Strom), so wird der Zustand des Nerven seiner ganzen Länge nach, in Beziehung auf sein electromotorisches Verhalten, verändert. Du Bois-Reymond belegte diese von ihm entdeckte Veränderung mit dem von Faraday für die dem Schliessungsinductionsstrom zu Grunde liegende Veränderung der leitenden Materie zuerst gebrauchten Namen: *Electrotonus* und *electrotonischer Zustand*.

Pflüger entdeckte, dass der electrotonische Nerv neben der Aenderung seines electromotorischen Verhaltens auch eine dem letzteren vollkommen entsprechende Aenderung seiner Erregbarkeit zeige.

**E. du Bois-Reymond's Electrotonus.** — Der Nerv beginnt, sobald irgend eine Strecke seiner Länge von einem electriche Strom betroffen wird, sofort auf allen seinen Punkten im Sinne jenes erregenden Stromes electromotorisch

Fig. 481.



wirken. Dieser *Electrotonusstrom* summirt sich algebraisch zu dem *Nervenstrom*. Der letztere scheint dann gesteigert, wenn *Electrotonusstrom* und *Nervenstrom* im Nerven die gleiche Richtung haben, im umgekehrten Falle ist der *Nervenstrom* scheinbar geschwächt (Fig. 481).

Der veränderte electromotorische Zustand der Nerven an der positiven Elektrode = Anode wird als *Anelectrotonus*, der Strom dieser Nervenstrecke als *Anelectrotonusstrom* bezeichnet. Umgekehrt spricht man bei der negativen Elektrode = Kathode anliegenden Nervenstrecke von *Katelectrotonus* und *Katelectrotonusstrom*.

Der electrotonische Zustand des Nerven ist am stärksten in unmittelbarer Nähe der Elektroden des konstanten polarisirenden Stromes und nimmt mit der Entfernung von diesen stetig ab.

Verbindet man den Nerven an symmetrisch zu seinem Aequator gelegenen Punkten mit den unpolisirbaren Multiplikatorelectroden, so kommt der normale Nervenstrom nicht zur Beobachtung (unwirksame Anordnung). Lässt man nun einen electriche Strom auf den abgelagerten Nerven einwirken, so tritt der Electrotonusstrom rein in Erscheinung. Ist der Nerv von zwei Querschnitten begrenzt, von denen aus, wie wir wissen, in entgegengesetzter Richtung die Nervenströme zum Aequator verlaufen, und die Electroden des zur Erzeugung des Electrotonus verwendeten konstanten Stromes schliessen den Aequator in sich ein, so ist der Electrotonusstrom dem einen der beiden von je einem Querschnitt zum Aequator verlaufenden Nervenströme gleich-, dem andern entgegengesetzt gerichtet, der eine erscheint daher geschwächt, der andere verstärkt. E. du Bois-REYMOND bezeichnete früher diese scheinbare Verstärkung des natürlichen Nervenstromes als positive, die scheinbare Schwächung desselben als negative Phase des Electrotonus. Die positive Phase ist aber nur ein Einzelfall des Anelectrotonus, ebenso die negative ein Einzelfall des Katelectrotonus.

Unterbricht man die Einwirkung des konstanten Stroms, so kehrt der Nerv nicht sogleich in sein früheres electromotorisches Verhalten zurück. Den normalen, Multiplicator ableitbaren Nervenstrom fand ich nach beiden Electrotonusphasen geschwächt. FICK führt diese »Modificationen« des electriche Verhaltens des Nerven nach Oeffnung des polarisirenden Stroms auf »electrotonische Nachströme« zurück, von denen er zuerst angab, dass sie beide den Electrotonusströmen entgegengesetzt gerichtet seien, was er jetzt nur noch für den Anelectrotonusnachstrom festhalten scheint.

Die electromotorische Kraft der Electrotonusströme ist sehr gross, E. du Bois-REYMOND fand sie bis zu 0,5 DANIELL. Der neue electromotorische Zustand des Nerven im Electrotonus ist aber kein Zustand des Gleichgewichtes. Es zeigt sich, dass vom ersten Augenblick an, die Beobachtung möglich ist, der Katelectrotonus sinkt, um sich allmählig einer unteren Grenze zu nähern, der Anelectrotonus hingegen von dem entsprechenden Augenblick an wächst, ein Maximum erreicht und erst dann nach vergleichsweise langer Zeit sinkt.

Der Electrotonus rührt nicht etwa von hereinbrechenden Stromschleifen des konstanten Stromes in den Multiplikatorkreis her. Schneidet man das direct von dem Strom durchflossene Nervenstück ab, während das Nervenstück, von dem man den Nervenstrom ableitet, unverrückt auf den Bäumchen liegen bleibt, und legt nun die Schnittenden wieder an einander an, so ist damit die Möglichkeit der Stromschleifen kaum verringert. Es zeigt sich dabei jedoch, dass die Electrotonusphasen verschwinden, zum Beweise, dass diese auf einer Wirkung auf die Nervenmoleküle selbst, auf einer Polarisation derselben beruhe.

Diese Erscheinung erklärt sich mit Hülfe der du Bois-REYMOND'schen Molekularhypothese. Der polarisirende Strom bewirkt im Electrotonus eine Stellungsveränderung der electriche Nervenmoleküle. Die peripolare Anordnung der letzteren (Fig. 180 III) kann unter seiner Einwirkung in der direct durchflossenen Nervenstrombahn nicht fortbestehen, die dipolaren Moleküle werden säulenartig polarisirt, d. h. so gerichtet, dass jedes seinen positiven Pol der negativen Electrode, seinen negativen Pol der positiven Electrode zukehrt, in analoger Weise, wie der Theorie nach bei der Electrolyse die Flüssigkeitsmoleküle gestellt werden. Auch die nicht vom Strom durchflossenen, aber den direct durchflossenen zunächst benachbarten Moleküle nehmen diese Stellung ein, weil jene eine gewisse Richtkraft ausüben, mit ihren positiven Polen die negativen anziehen und umgekehrt. Die Drehung der Moleküle der nicht direct durchflossenen Nervenstrombahn ist am vollkommensten in dem angegebenen Sinne, je näher sie an den Polen liegen, mit zunehmender Entfernung nimmt die Stellungsveränderung, die Grösse der Drehung immer mehr ab. Die Curve, in welcher die Stärke der Polarisation von den Electroden aus nach den Enden des Nerven zu sinkt, ist, wie du Bois-REYMOND vermuthet, E. v. FLEISCHEL experimentell festgestellt hat, gegen den als Abscissenaxe gedachten Nerven stark convex gebogen und schliesst sich ihm in der Ferne asymptotisch an. Hierdurch wird nun im ganzen Nerven eine Vertheilung der electromotorischen Wirkung gesetzt im Sinne der Richtung des polarisirenden Stromes.

Der Nervenstrom wird stärker werden, wenn der polarisirende ihm gleich, schwächer ihm entgegengesetzt gerichtet ist.

Das Wesen des Electrotonus vergleicht E. DU BOIS-REYMOND selbst mit Electrotonen ein Strom auf einen Nerven wirkt, ergeht es letzterem gleich jedem anderen Leiter. Es wird Electrolyse eingeleitet, welche mit säulenartiger Polarisation (cf. unten chemischer Electrotonus S. 757). GRÜNHAGEN'S VON L. HERMANN modificirte electrolytische Theorie des Electrotonus, die im Gegensatz gegen DU BOIS-REYMOND'S Theorie stand, wurde von E. v. FLEISCHEL u. A. definitiv widerlegt.

Muskeln zeigen sich solche Veränderungen der Stromstärken je nach der Einwirkung des polarisirenden Stromes nicht in der Weise wie am Nerven, so dass wir in der Leichtigkeit, die Polarisation anzunehmen, einen wesentlichen Unterschied zwischen Nerven erkennen. Absolut geht jedoch auch dem Muskel diese Fähigkeit nicht ab. Scheint bei ihm die polarisirende Wirkung sich nur in der nächsten Nähe der Pole zu zeigen (A. v. BEZOLD cf. unten S. 762).

**Der Electrotonus.** — Leitet man durch einen Theil eines lebensfrischen Nerven einen konstanten elektrischen (polarisirenden) Strom, so wird die Erregbarkeit des Nerven auf seiner ganzen Länge verändert, an der negativen Electrode erhöht: **Katelectrotonus**, an der positiven Electrode vermindert: **Anelectrotonus**. Am stärksten ist die Electrotonische Veränderung der Erregbarkeit in unmittelbarer Nähe der Electroden selbst, welche mit der Entfernung von denselben zuerst schneller, dann langsamer allmählig der Null zu nähern. Nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes kehrt der Nerv erst durch gewisse »Modifikationen der Erregbarkeit« zur Norm zurück. Die anelectrotonische Nervenstrecke zeigt nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes eine Steigerung ihrer Erregbarkeit: **positive Modification**, welche allmählig abklingt; die katelectrotonische Strecke zeigt nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes zunächst eine Abnahme der Erregbarkeit: **negative Modification**, die aber bald auch in positive Modification übergeht, welche allmählig abklingt.

Die Beziehung auf die Ausbildung und die Inkonstanz der electrotonischen Phasen herrscht zwischen dem E. DU BOIS-REYMOND'Schen und PFLÜGER'Schen Electrotonus vollkommene Uebereinstimmung.

Man nennt die von dem polarisirenden Strome unmittelbar durchflossene Strecke die **intrapolare**, die zu beiden Seiten gelegenen Strecken die **extrapolaren**. Die Stelle in der intrapolaren Strecke, an welcher die beiden electrotonischen Zustände: Anelectrotonus und Katelectrotonus an einander grenzen, heisst der **Indifferenzpunkt**. In der intrapolaren Strecke ist die Erregbarkeit ebenso wie in der extrapolaren Strecke in der Nähe der Anode vermindert, in der Nähe der Kathode erhöht, beides am stärksten in unmittelbarer Nähe der Electroden, mit der Entfernung von letzteren nehmen die Erregbarkeitsveränderungen ab und verschwinden am Indifferenzpunkt, an welchem die Erregbarkeit nicht verändert ist, zusammen.

Bei schwachen Strömen liegt der Indifferenzpunkt näher an der Anode, bei mittelstarken etwa in der Mitte der intrapolaren Strecke, je stärker der Strom wird, desto näher rückt er an die Kathode. Die Lage des Indifferenzpunktes erscheint als eine Function der Stromstärke. Die Veränderung der Erregbarkeit der gesamten intrapolaren Strecke ist die algebraische Summe der Veränderungen an den einzelnen Stellen: ihre Erregbarkeit ist im Ganzen erhöht, bei schwachen Strömen ein grösserer Abschnitt der intrapolaren Strecke im Zustande des Katelectrotonus begriffen ist, bei starken Strömen aus dem entgegengesetzten Zustande vermindert. Bei mittelstarken Strömen, bei denen der Indifferenzpunkt in der Mitte der intrapolaren Strecke liegt, erscheint die Gesamterregbarkeit derselben unverändert.

PFLÜGER unterscheidet zwischen aufsteigenden und absteigenden Electrotonusphasen. Im ersteren Fall (aufsteigend) befindet sich der polarisirende Strom zwischen Muskel und der Stelle, an welcher die Erregbarkeit des Nerven geprüft wird. Im anderen Fall (absteigend) befindet sich die Reizstelle zwischen polarisirendem Strom und Muskel. Der absteigende Electrotonus zeigt bei allen Stromstärken seine beiderseitig gleich deutliche. Der aufsteigende Katelectrotonus ist schon bei sehr schwachen Stromen bemerkbar und wächst anfänglich mit der Stärke des polarisirenden Stromes rasch, bei weiterer Stromverstärkung ein Maximum, nimmt dann ab, wird zu Null und endlich negativ, d. h. er geht in eine Verminderung der Erregbarkeit über. Der Grund für diese weichen Erscheinung liegt darin, dass bei dem aufsteigenden Electrotonus die gesamte electrotonische Nervenstrecke mit ihren beiden Phasen der erhöhten und verminderten Erregbarkeit zwischen Reizstelle Kathode cf. S. 764 und Muskel liegt, die in ihrer Erregbarkeit übermässig herabgesetzte anelectrotonische Nervenstrecke, die dem Muskel liegt, die Durchleitung der Erregung von der katelectrotonischen Strecke aus zuerst geringerem, dann in stärkerem Maasse verhindert.

Die electriche Modificationen des Nerven und seine Erregbarkeitsveränderungen Electrotonus zeigen einen nicht zu verkennenden Zusammenhang. Wir haben schon erkannt, dass die Erhöhung der Erregbarkeit des normalen Nerven im Allgemeinen eine Verminderung der Lebens eigenschaften d. h. seiner Leistungsfähigkeit bedeutet, mit der wir sahen, auch eine Verminderung seines electriche Stromes eintritt, grössere Stärken des electriche Nervenstromes geht dagegen mit der normalen geringeren Erregbarkeit des Nerven Hand in Hand. Liegt der Aequator des Nerven in der intrapolaren Strecke, so ergiebt die Beobachtung, dass die auf der algebraischen Summation des ruhenden Nervenstromes und Electrotonusstroms beruhende scheinbare Verstärkung des Nervenstromes im Anelectrotonus mit einer Herabsetzung der Erregbarkeit, die auf dem gleichen Verhältnisse beruhende scheinbare Schwächung des Nervenstroms mit einer Erhöhung der Erregbarkeit übereinstimmt. Gesetz des Electrotonus J. RANKE. Die Lage des Aequators ist bei näherer Betrachtung der hier obwaltenden Stromverhältnisse jedoch keineswegs entscheidend. Es ist der Aequator innerhalb der Strecke befinden, von der man den Strom von Intensität und Querschnitt am Multiplikator ableitet, er kann diese Strecke sogar nahezu halbiren, doch bekommt man einen Hauptstrom, welcher unter allen Umständen im katelectrotonus scheinbar vermindert, im Anelectrotonus scheinbar erhöht wird. Verändert man die Lage des Aequators mit zum Aequator vollkommen symmetrischen Punkten mit dem Multiplikator ab, so zeigt sich an letzterem nur der Electrotonusstrom zeigen, trotzdem ist hier aber naturgemäss durch die säulenförmige Polarisation dieselbe electromotorische Veränderung des Nervenstroms eingetreten, die wir bei anderer Ableitung an demselben Nerven durch directe Messungen nachweisen können. Anelectrotonus und katelectrotonus lassen den Nervenstrom zurück, dieser Nachwirkung entsprechen die dem PFLÜGERschen Electrotonus nach den Modificationen der Erregbarkeit, welche nach beiden Electrotonusphasen eine Erhöhung der Erregbarkeit bewirken. Ob die von FICK früher angegebene scheinbare Verminderung des Nervenstroms nach dem Aufhören des katelectrotonus der rasch vorübergehenden Verminderung der Erregbarkeit, der negativen Modification PFLÜGER's entspricht, ist noch zu stellen.

Das von mir aufgestellte »Gesetz des Electrotonus« bestätigen die neuen Beobachtungen von BERNSTEIN auf das Vollkommenste. Indem er den polarisirenden Strom constant und den zu reizenden Strom aber nach und nach ansteigen liess, kam er zu folgender Ergebnissen: 1. Das PFLÜGERsche Electrotonusschema. Wenn ein constanter Strom durch den Nerven fliesst, ist am positiven Pol die Auslösung der Erregung erschwert, so dass schwache Reize eine geringere Wirkung ausüben als im normalen Zustande. Anelectrotonus, aber das Maximum der Erregung, welche durch starke reizende Ströme hervorgerufen werden kann, ist nicht vermindert. Dagegen ist am negativen Pol die Auslösung der Erregung erleichtert, so dass schwache Reize stärker wirken. Katelectrotonus, aber das Maximum der Erregung, welches dem



ize ausgelöst werden kann, ist kleiner, d. h. der Erhöhung der Erregbarkeit, verbunden mit scheinbarer Verminderung des ruhenden electrischen Nervenstroms im Katelectrotonus, correspondirt, wie wir es zuerst aussprachen (cf. oben), eine Verminderung der Leistungsfähigkeit des Nerven, das Umgekehrte ist nach unserer obigen Darstellung bei dem Anelectrotonus - Fall.

**Chemischer Electrotonus.** — Wir haben oben S. 755 erwähnt, dass E. du Bois-Reymond das Phänomen des Electrotonus auf Electrolyse der Nerven durch den polarisirenden Strom zurückführt. Ich habe die Nervenelectrolyse und den Einfluss der electrolytischen Produkte des Nerven auf sein electromotorisches Verhalten und seine Erregbarkeit untersucht.

Zu bemerken ist, dass die Erzeugung des Electrotonus auch mit sogenannten unpolari- renden Electroden gelingt, welche nur eine sehr geringe Polarisation zeigen, doch gelangen auch vollkommen mit metallischen Electroden, bei denen die Electrolyse sofort hervor-

t. Die Muskeln zeigen die electromotorischen Eigenschaften des Electrotonus nicht, also wenig andere feuchte Leiter oder todte Nerven. Wir haben es hier also jedenfalls

Resultaten der Electrolyse zu thun, welche mit dem lebendigen Bau der Nerven auf das engste verknüpft sind, und welche unter Umständen auch durch die electrischen Ströme im Leben selbst physiologisch erfolgen müssen.

Untersucht man einen Nerven, an welchem man den Electrotonus mit metallischen Electroden erzeugt hat, mit Reagenspapier, so zeigt die Anlagerungsstelle der Anode eine saure, die Anlagerungsstelle der Kathode eine verstärkt alkalische Reaktion.

Meine Untersuchungen ergaben, dass von Säuren und Alkalien, so lange sie, wie die Produkte der Electrolyse bei geschlossenem Strom, nur auf der Oberfläche des Nerven sich befinden, die Alkalien den normalen Nervenstrom scheinbar schwächen = alkalische Reaktion an der Kathode, die Säuren ihn scheinbar etwas erhöhen = saure Reaktion an der Anode. Wenn beide (Alkali und Säure) in die Substanz des Nerven eindringen, so folgt bei beiden die, für Säuren schon oben S. 754 erwähnte Verminderung des Nervenstroms.

Ebenso und noch leichter gelingt es mit Hülfe von Säuren und Alkalien, die Phasen der Erregbarkeit im Electrotonus hervorzurufen. Macht man eine kleine Nervenstrecke nur oberflächlich sauer reagirend, was vollkommen leicht und unzweideutig mit Kohlensäure, so man auf den Nerven einwirken lässt, gelingt, so sinkt an ihr die Erregbarkeit = Verminderung der Erregbarkeit an der Anode, macht man eine minimale Nervenstelle, z. B. durch oberflächlich stärker alkalisch, so zeigt sich die Erregbarkeit nahe gelegener Nervenstellen ungemein erhöht = Erhöhung der Erregbarkeit an der Kathode.

Nach dem Öffnen der electrischen Kette haben die Produkte der Electrolyse Gelegenheit in den Nerven einzudringen. Wir wissen, dass die daraus erfolgenden Veränderungen in der inneren Nervenreaktion stets mit Erhöhung der Erregbarkeit = Modificationen der Erregbarkeit nach dem Electrotonus verknüpft sind. Jedenfalls ergeben diese Versuche, dass die Produkte der Electrolyse ganz in demselben Sinne die Lebereigenschaften der Nerven beeinflussen, wie der electrische Strom selbst.

Die Erregungsleitung wird durch beide Electrotonusphasen verzögert (A. v. BEZOLD).

Die negative Schwankung des Nervenstroms im Electrotonus untersuchte BERNSTEIN. Er fand, dass dieselbe stets der gerade im Electrotonus vorhandenen Stromrichtung entgegengesetzt ist; ist die Stromrichtung des Nerven im Katelectrotonus umgekehrt, so tritt die negative Schwankung als eine Abnahme auch dieses Stromes auf. Bei schwachen electrischen Strömen fand er den Veränderungen der Erregbarkeit entsprechend in der katelectromischen Nervenstrecke die negative Schwankung gesteigert, in der anelectrotonischen dagegen vermindert.

Weitere Modificationen der Erregbarkeit durch den konstanten Strom haben HEIDENHAIN, ROBERTS u. A. studirt, sie beruhen auf Electrolyse. Jeder konstante Strom, welcher eine Nervenstrecke eine Zeit lang durchströmt, versetzt diese in einen Zustand, in welchem die Öffnung dieses und der Schluss des entgegengesetzt gerichteten Stromes eine heftige Be-



wegung ausführt. Das Schliessen des Stromes in entgegengesetzter Richtung ist entweder unwirksam oder hemmt eine vorhandene Bewegung (den Oeffnungstetanus). Die Muskel-erregbarkeit verhält sich ganz analog.

### Die electriche Reizung, Zuckungsgesetz.

Wir haben unter den Nervenreizen, die den motorischen Nerven zur Vermittelung der Contraction seines Muskels, den sekretorischen Nerven zur Erregung von Drüsenabsonderung, den sensiblen Nerven zur Erregung von Schmerz veranlassen, vor Allem Intensitätsschwankungen electriche Ströme erwähnt.

Man hatte früher geglaubt, dass für die Stärke der Erregung des Nerven vor Allem die Stromstärke (Stromdichte) des electriche Stromes, mit Hülfe dessen man den Nerven reizte, von Einwirkung sein müsse. E. du Bois-Reymond zeigte, dass die Stromdichte an sich für den Erfolg der Reizung relativ unwesentlich sei. Er stellte zunächst für den motorischen Nerven, aber auch für den Muskel das auch für den sekretorischen sensiblen Nerven geltende Gesetz der electriche Reizung auf:

Die Höhe der Zuckung wird nicht durch den absoluten Werth der Stromdichte sondern durch die Grösse der Schwankung der letzteren innerhalb zweier auf einander folgender, sehr kleiner Zeittheilchen bedingt; im Allgemeinen ist die Zuckung um so stärker, je grösser die Schwankung des Stromes in der Zeiteinheit ist.

Erregende Stromschwankungen lassen sich sonach am einfachsten erreichen durch Schliessen oder Oeffnen eines konstanten Stromes, dessen Electroden mit dem Nerven (oder Muskel) anlegt, die Stromdichte schwankt dabei von einer bestimmten Höhe zu Null und umgekehrt. Ein Mittel, rasch in ihrer Dichtigkeit schwankende electriche Ströme zu erzeugen, sind die Inductionsapparate. Mit Hülfe von geeigneten Instrumenten, z. B. mit dem Schwankungsrheochord du Bois-Reymond's, welches gestattet, ohne den Strom zu öffnen oder zu schliessen, rasch Dichtigkeitsschwankungen desselben zu erzielen, kann man das angegebene Gesetz auch für den geschlossen bleibenden konstanten Strom beweisen.

Donders zeigte am Vagus, dass das Gesetz der Erregung auch für Hemmungsnerven Geltung behält, er construirte, entsprechend der Zuckungcurve des Muskels, eine Curve des Verzögerungsprocesses bei der Vagusreizung.

Doch steht die Nerven-erregung auch in einer Abhängigkeit von der electriche Stromstärke selbst; wir sehen bei der Reizung motorischer Nerven, dass die Muskelzuckung, welche die Nerven-erregung hervorruft, wächst von Null Stärke des reinen electriche Stroms an bis zu einer bestimmten Höhe desselben, bei der sie ihr Maximum erreicht. Fick und A. B. Meyer geben an, dass kurz andauernde, den Nerven aufsteigend durchfliessende konstante Ströme, ebenso Schliessungsinductionsschläge, bei allmählicher Steigerung ihrer Stromstärke ein erstes Maximum der Zuckung ergeben, dann, nachdem dieses Maximum einige Zeit (bei weiterer Steigerung) angehalten, bei noch weiterer Steigerung abermals wachsende Zuckungen und ein zweites höheres Zuckungs-Maximum ergeben; die Erklärung dieser auffallenden Beobachtungen ist bis jetzt noch streitig.

Der mittelstarke konstante electriche Strom, so lange er ohne Schwankung seiner Intensität den Nerven durchfliesst, erregt den Nerven nicht. Von diesem Verhalten machen

schwache und sehr starke Ströme eine Ausnahme, welche beide Tetanus, bei sehr reizbaren Nerven, hervorrufen. Vor Allem reagirt auf schwache Ströme das Rückenmark mit starkem Tetanus. Auch diese Erscheinung sucht man durch electrolytische Wirkung der Ströme zu erklären.

H. FICK darf die Dauer der Einwirkung des konstanten Stromes auf den Nerven unter bestimmten unteren Grenzwert (0,004 Sec.) nicht sinken, damit der Strom seine volle Wirkung auf den Nerven entfalte. Nach den Angaben E. DU BOIS-REYMOND's nimmt dass der Uebergang des Nerven in den erregten Zustand und aus diesem in den ruhezustand momentan erfolgt: »die Nervenmoleküle besitzen ein unendlich kleines Trägheitsmoment«.

Stromschwankungen erregen den Nerven dann am stärksten, wenn sie ihn der Länge nach durchfliessen, ihre Wirksamkeit ist sehr gering oder bleibt bei geringer Stromstärke ganz aus, wenn sie in der Querrichtung den Nerven durchsetzen.

In der nächsten Nähe von künstlich angelegten Querschnitten von Nervenästen tritt für einige Zeit nach der Anlegung des Querschnitts die Erregbarkeit des ausgeschnittenen Nervenstammes erhöht. MUNK fand solche »ausgezeichnete Stellen« mit erhöhter Erregbarkeit am ausgeschnittenen Ischiadicus des Frosches, an den Abgangsstellen der Nervenasteläste und an der Theilungsstelle des Nerven. Die betreffenden Erscheinungen, wie ich finde, auf normalem Electrotonus. Der Nervenstrom wird an den ausgeschnittenen Stellen an Querschnitten von Nervenästen von dem starken Nervenstrom ausströmen, welcher von dem angelegten Querschnitt des Nervenastes zu dem Längsschnitt des Nerven verläuft. Ganz analog wirkt, wie die Ueberlegung und das Experiment zeigt, die Anlegung des Abganges eines Astes vom Nervenstamme selbst ohne Anlegung eines Querschnitts. An solchen Nervenstrecken zeigt sich im normalen unverletzten Nerven ein Electrotonus, der Electrotonus ist eine Erscheinung des normalen Nervenlebens. (Cf. Electrotonus des Rückenmarks S. 762.)

Die eigenthümliche Gestalt nimmt die electriche Erregung des Nerven an, wenn sie uns im vorhergehenden Capitel bekannt gewordenen Schwankungen der electromotorischen Verhältnisse der thierischen Gewebe: Muskel und Nerv erfolgt. Man kennt eine Erregung (Zuckung) vom Muskel und vom Nerven aus. Beide Phänomene sind nicht verschieden, wie E. DU BOIS-REYMOND gezeigt hat.

Die secundäre Zuckung vom Muskel aus erfolgt dann, wenn wir an einen Muskel einen Nerven eines anderen Nervenmuskelpräparates anlegen und nun den ersten Muskel vom Nerven aus zur Zuckung erregen. Es entsteht, wie wir wissen, bei jeder Muskelzuckung eine negative Schwankung des electriche Muskelstromes, es wird durch eine dieser angelegte Nerv erregt und dadurch der zweite, secundäre Muskel auch zur Zuckung gebracht. Dieser Versuch gelingt sicher, doch machte KÜHNKE wieder auf die Unfähigkeit des Muskelstroms aufmerksam, die zwischen den Muskeln in situ verlaufenden normalen secundär zu erregen. Das Verhältniss erinnert in gewissem Sinn an Immunität, im Vergleich mit einer bei anderem Anlass geäusserten Vermuthung DU BOIS-REYMOND's nimmt man an, dass normal die Schwankungswellen in den die Nerven berührenden Muskelfasern in bestimmten Phasendifferenzen und interferirend verlaufen, dass die Ausgleichung der electriche Spannung in den letzteren allein geschieht. Dasselbe gilt von jeder Art directer Muskelzuckung. — Versetzt man den primären Muskel nicht in eine einfache Zuckung, sondern in einen Tetanus, so verfällt der secundäre Muskel ebenfalls in Tetanus. Wir gewinnen dadurch einen richtigen Einblick in die electromotorischen Verhältnisse des tetanisirten Muskels. Am Multiplikator sehen wir im Tetanus nur eine einfache negative Schwankung eintreten, es scheint dabei also eine konstante Abnahme des electriche Muskelstromes zu erfolgen. Der Tetanus vom Muskel aus lehrt dagegen, dass sich die negative Schwankung des Muskelstromes (wie des Nervenstroms) im Tetanus zusammensetzt aus fortwährenden Intensitätsschwankungen des Stromes nach auf- und nach abwärts, wir wissen, dass auf diese Weise der Nerv und Muskel electriche tetanisirt wird. Man hat auch ein-

fache Zuckung vom pulsirenden Herzen aus, durch die negative Schwankung des pulsirenden Herzens beobachtet.

Um die Zuckung vom Nerven aus entstehen zu lassen, hat man ein ausgeschaltetes Nervenstück an einen motorischen Nerven, Ischiadicus des Frosches, der noch mit seinem Muskel verbunden ist, anzulegen. Der Muskel des zweiten Nerven zuckt, wenn man an angelegten Nervenstücke eine nicht zu schwache Kette öffnet oder schliesst. Diese Zuckung fehlt bei anderen als electricen Reizungsakten, sie entsteht hierbei also nicht durch schwache, rasch vorübergehende negative Schwankung des Nervenstromes, sondern durch die viel mächtigeren Stromschwankungen, welche dem *Electrotonus* angehören, von denen E. du Bois-REYMOND gezeigt hat, dass sie sich von einem direct polarisirten Nerven auf einen angelegten zweiten Nerven verbreiten können: secundär electrotonischer Zustand. Diese Electrotonusphasen pflanzen sich nach auf- und abwärts im Nerven eine nicht unbedeutende Strecke fort. Der Versuch der Zuckung vom Nerven aus wird zum paradoxen Versuche durch folgende Anordnung. Der N. ischiadicus des Frosches theilt sich gegen den Unterschenkel zu in zwei Aeste, die Rr. peroneus und tibialis. Präparirt man am Nervmuskelpräparate den unten abgeschnittenen Ramus peroneus möglichst von unten nach oben frei, so hat man ein ähnliches Präparat, als ob wir zwei Nerven aneinander legten; hier verlaufen die Nervenfasern für beide Nerven zwar, wie wir wissen, getrennt, aber in eine gemeinschaftliche Scheide eingebettet, in demselben Nerven. Reizt man nun den R. peroneus in der obigen Weise, so zucken alle vom R. tibialis versorgten Muskeln. Es pflanzt sich also der Erregungszustand des motorischen Nerven von der gereizten Stelle aus nicht nur auch nach oben hin fort, was man nicht vermuthet hatte, sondern man findet noch ausserdem, dass der Erregungszustand von einer Nervenfasern auf eine ihr benachbarte übergehen und diese mit erregen kann. Es widerspricht dieser Befund scheinbar einem physiologischen Grundgesetze: dem **Gesetz der isolirten Leitung**, welches lehrt, dass der normale Reizzustand einer Nervenfasern durch einen Nerven hindurchläuft, ohne sich auf eine andere Nervenfasern zu übertragen (cf. unten Cap. XXII). Nur dadurch wird es ja ermöglicht, dass der vom Gehirn oder von einem anderen Nervencentrum oder Sinnesapparat ausgehende Erregungszustand einer Nervenfasern bestimmte gesonderte Wirkungen hervorbringt. Wäre diese isolirte Leitung nicht, so würde jede Erregung, welche eine Nervenfasern in einem Nerven (oder im Rückenmark oder Gehirn) trifft, alle benachbarten Nervenfasern mit erregen, es wäre keine geordnete Thätigkeit des Nervensystems möglich. E. du Bois-REYMOND hat gezeigt, dass dieses Gesetz im electricen Sinne nicht richtig ist; nicht nur dieser paradoxe Versuch, sondern auch alle electricen Vorgänge im Nerven (und Muskel) zeigen, dass ein Isolirtbleiben des electricen Zustandes auf eine Faser nicht stattfindet, wir haben ja in den electricen Nerven- (und Muskel-) Strömen über Summeneffekte vor uns. Trotzdem bleibt bei normalen Lebensbedingungen der electriche Vorgang, welchen wir den Erregungszustand des Nerven im lebenden Thiere begleiten sehen, auf die erregte Nervenfasern beschränkt, da das Gesetz der isolirten Leitung für die Erregung der Nerven durch ihre normalen Reize vollkommen gültig ist. Man glaubte bisher annehmen zu dürfen, dass das Mark der Nervenfasern eine die Ausbreitung der electricen Veränderungen von einer Faser auf die andere beschränkende Wirkung besitzt. Die Stoffe des Nervenmarks sollen nach mehrfach geäußelter Meinung ein sehr geringes Leitungsvermögen für Electricität besitzen; diese Annahme vergisst aber, dass es auch marklose Nervenfasern gibt, wahrscheinlicher ist die oben bei der sekundären Zuckung vom Muskel aus angedeutete Erklärung du Bois-REYMOND's und KÜHNE's.

**Zuckungsgesetz.** — Die Schliessung und Oeffnung eines konstanten Stromes, also positive und negative Schwankungen des erregenden Stromes, reizen den Nerven nicht in gleichem Maasse. Nach PFLÜGER wird eine Nervenstrecke nur dann erregt, wenn in ihr Katelectrotonus entsteht oder zunimmt, oder Anelectrotonus verschwindet oder abnimmt. Der entstehende Katelectrotonus wirkt stärker als der verschwindende Anelectrotonus.

Die betreffenden Untersuchungen sind an motorischen Nerven gewonnen, seit alter Zeit man daher die hierher gehörigen Erscheinungen als: Zuckungsgesetz zusammen. Durch die PFLÜGER'schen Untersuchungen ist das Gesetz in seinem Wesen erhellt worden. Lassen uns daran erinnern, dass dadurch, dass man auf ein mittleres Stück eines motorischen, noch mit seinem Muskel in Zusammenhang stehenden Nerven einen polarisirenden Strom einwirken lässt, der ganze Nerv in zwei Strecken zerlegt wird, in der einen: in der anelectronischen Strecke, herrscht Herabsetzung, in der katelectronischen Erhöhung der Erregbarkeit, so lange der Strom fliesst; nach seinem Aufhören entstehen zunächst die entgegengesetzten Modificationen. Da nur der Eintritt der Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven als Reiz wirkt (PFLÜGER), so wird, wenn der electriche Strom den Nerven durchgehend, vom Muskel dem Rückenmarksende zu, durchströmt, die obere, vom Muskel dem Muskelende der intrapolaren Strecke gelegene, Nervenstrecke erregt. Bei absteigendem Strom ist die erregte Stelle umgekehrt dem Muskel näher gelegen. Wird der Strom absteigend, so wird durch den Eintritt der den Electrotonusphasen entgegengesetzten »Modification der Erregbarkeit« (S. 754) bei aufsteigendem Strome die untere, bei absteigendem Strome die obere die erregte sein. Beide Reizursachen, der entstehende Katelectrotonus und der entstehende Anelectrotonus sind an Stärke verschieden, ersterer wirkt bei mittelstarken und bei sehr starken Strömen heftiger. Bei ganz schwachen Strömen ist sogar der von dem verschwindenden Electrotonus ausgeübte Reiz noch nicht stark genug, um den Nerven in den Erregungsphase zu versetzen, während der entstehende Katelectrotonus die Reizung schon hervorruft, so kommt es, dass bei solchen schwachen Strömen nur die Schliessung sowohl in aufsteigender als absteigender Richtung Zuckung hervorruft. Bei mittelstarken Strömen wirken beide Reize, es entsteht sowohl Schliessungs- als Oeffnungszuckung, mag der Strom in welcher Richtung absteigend im Nerven gerichtet sein. Sehr starke Ströme machen die intrapolare Strecke nach PFLÜGER zur Erregungsleitung auch für einige Zeit, nachdem sie direct zu wirken aufgehört haben, vollkommen unfähig; bei sehr starken Strömen kann also der Reiz nur durch die Wirksamkeit kommen, wenn er auf die untere, zwischen polarisirendem Strom und dem Muskel gelegene Nervenstrecke einwirkt: der aufsteigende Strom wirkt daher bei sehr bedeutender Stromstärke als Reiz bei der Oeffnung, der absteigende bei der Schliessung.

Wir haben oben S. 730 das RITTER-VALLI'sche Gesetz von der stetigen Erregbarkeitsveränderung der ausgeschnittenen Nerven besprochen, welche nach einer vorausgegangenen Erregung der Erregbarkeit am Schnittende vom oberen Ende des Nerven zum unteren fortwächst. Es beeinflusst diese Veränderung der Erregbarkeit den Nerven in Beziehung auf die Fähigkeit, auf Stromschwankungen mittelstarker Ströme Zuckungen auszulösen, in der gleichen Weise, wie wir das für die verschiedenen Stromstärken eben kennen gelernt haben. Man unterscheidet darnach drei Erregbarkeitsstadien, in denen sich der Nerv mittelstarken Reizen gegenüber genau in der oben angegebenen Weise verhält, so dass z. B. sehr erregbare Nerven nur bei der Schliessung des auf- und bei der Oeffnung des absteigenden Stromes Zuckung erregen etc. Das oben angeführte Zuckungsgesetz aber für die verschiedenen Stromstärken nur für die mittleren Erregbarkeitsgrade der Nerven: für das sogenannte zweite Erregbarkeitsstadium.

Für die experimentelle Demonstration der Erregbarkeitsstadien des ausgeschnittenen Nerven gilt als Reiz ein mittelstarker Strom, der also Schliessungs- und Oeffnungszuckung bei Nerven, die sich im zweiten Erregbarkeitsstadium befinden, hervorruft. Diese Auseinandersetzungen erklären das folgende Schema, in welchem Z = Zuckung, Ruhe des Muskels, S = Schliessung, O = Oeffnung des reizenden Stromes bedeutet.

#### Zuckungsgesetz.

Erregbarkeitsstadium:	Stromstärke:	Aufsteigender Strom:	Absteigender Strom:
I.	Schwach	$\overbrace{S-Z \quad O-R}$	$\overbrace{S-Z \quad O-R}$
II.	Mittelstark	$S-Z \quad O-Z$	$S-Z \quad O-Z$
III.	Stark	$S-R \quad O-Z$	$S-Z \quad O-R$

War der zur Reizung verwendete Strom sehr stark oder ein mittelstarker Strom lang Zeit im Nerven geschlossen, so tritt an Stelle der Oeffnungszuckung ein Oeffnungstetanus ein (cfr. Modificationen der Erregbarkeit S. 757). Pflüger konnte den Oeffnungstetanus, sobald er wieder verschwindet, sowie man den polarisirenden Strom wieder schliesst, als Beweis seines oben dargestellten Satzes über den Ort der Erregung verwerthen. Bei steigendem Strome ist bei der Oeffnung desselben die obere Nervenstrecke im Zustand vergehenden Anelectrotonus, schneiden wir diese Nervenstrecke ab durch einen Schnitt zwischen den Electroden des geöffneten Stromes, so hört der Tetanus, da der Grund für den Zustandekommen wegfällt, sofort auf. Bei aufsteigend gerichtetem Strome ist dieses Experiment selbstverständlich nicht ausführbar; dagegen hat A. Fick gezeigt, dass das Pflügersche Zuckungsgesetz m. m. auch für schiefe Nerven durchsetzende electriche Ströme Geltung behält.

Donders zeigte, dass für die Wirkung der Hemmungsnerven (Vagus) wie das Gesetz der electriche Nervenirregung S. 758, so auch das Zuckungsgesetz seine Geltung als Hemmungsgesetz. Mit von 0 ab zunehmender Stromstärke kommen die Hemmungswirkungen in folgender Ordnung zum Vorschein: a. bei Schliessung des aufsteigenden, b. bei Schliessung des absteigenden Stromes, c. bei Oeffnung des absteigenden, d. bei Oeffnung des aufsteigenden Stromes.

Durch die Untersuchungen von v. Bezold ist es erwiesen, dass das Zuckungsgesetz auch für den s. v. v. seiner Nerven beraubten Muskel mit Curare vergifteter Frösche seine Geltung hat. Es ist dieses der Hauptbeweis dafür, dass der Muskel auch wirklich in sehr geringem Grade, in den electrotonischen Zustand übergehen kann, da wir ja sehen, dass das Zuckungsgesetz sich lediglich aus jenem erklärt (S. 758).

**Electrotonus des Rückenmarks.** — Ein dem Electrotonus am Nerven analoger Zustand lässt sich auch am Rückenmark von Fröschen erzeugen durch das Hindurchleiten eines konstanten electriche Stromes in der Längsrichtung des Organs (die Querrichtung ist bald der Strom nicht zu stark ist, wodurch Stromschleifen entstehen, unwirksam), bald gültig, ob auf- oder absteigend. Unter diesen Umständen werden die electriche Rückenmarksmoleküle säulenartig polarisirt; sie bilden unter der Einwirkung der electriche Richtkraft bis zu einem gewissen Grade gewissermassen starre Säulen, wodurch die Moleküle verhindert werden, sich in einer im Winkel auf ihre Polarisationsaxe stehenden Richtung zu bewegen.

Der Effect der Durchleitung des keine Zuckungen erregenden, konstanten Stromes nun der, dass das Rückenmark seine Fähigkeit, auf Hautreize Reflexbewegungen auszulösen, vollkommen verliert oder wenigstens bedeutend vermindert zeigt. Sobald der Strom wieder geöffnet ist, kommen entweder momentan oder nach einer Zeit der Nachwirkung die Reflexe zurück (J. Ranke). Es wird uns diese Wirkung des konstanten Stromes verständlich, wenn wir daran denken, dass die Reflexvermittlung auf Querleitung im Rückenmark beruht. Dieser Erregungsleitung in der Querrichtung, die wir uns als eine Molekularbewegung denken haben, steht die oben geschilderte säulenartige Polarisation entgegen, die als Hemmung der Bewegung in der geforderten Richtung wirkt. Der normale electriche Strom im Gewebe äussert eine analoge Wirkung auf die letzteren, wie die in ihren Effecten bisher besprochenen, von aussen her einwirkenden electriche Ströme. Es nehmen auch unter der Einwirkung die Gewebsmoleküle eine bestimmte Stellung, eine Art Polarisation an, wie die jene. Die Moleküle werden von den normalen electriche Gewebströmen in einer bestimmten Richtung festgehalten werden, es gehört auch hier ein Kraftaufwand dazu, grösser als die Richtkraft, um in ihnen Stellungsveränderungen zu veranlassen. Die Frostwirkungen cf. unten.

**Einwirkung des konstanten Stroms auf das Gehirn.** — Leitet man einen konstanten Strom, dessen Pole in die Ohren (Purkinje) oder noch besser in die Gruben hinter die Ohrhäppchen (Hirzig) angelegt werden, durch den Kopf, so tritt Schwindelgefühl ein. Die äusseren Gegenstände machen in einer dem Gesicht parallelen senkrechten Ebene



bewegungen am positiven Pol nach aufwärts, am negativen nach abwärts. Nach dem an der Kette tritt für längere oder kürzere Zeit Schwindel in der entgegengesetzten Richtung (PARKINJE, BRENNER, HITZIG). Bei starken Strömen sah HITZIG bei Schliessung (bei) Schwankung des Kopfes oder Körpers nach der Anode, bei Oeffnung in umgekehrter Richtung. Gleichzeitig treten unbewusste, an Nystagmus erinnernde Augenbewegungen ein, denen er schliesst, dass bei der Stromrichtung von links nach rechts auf dem linken Auge des Oculomotorius und der Trochlearis, auf dem rechten Auge andere Theile des Oculomotorius und Abducens in eigenthümlicher Art erregt werden und umgekehrt. HITZIG, dass dieser Erregungszustand der intracraniellen Nerven PFLÜGER's Electrotonus sei, von der Stromrichtung im Nerven in analoger Weise wie an peripheren Nerven bedingt. Ist, wie bei querrer Durchleitung, die Stromrichtung in bestimmten Hirnthteilen entgegengesetzt, so erscheint auch die Veränderung in beiden entgegengesetzt und es erfolgen Reizungserscheinungen. Ist die Stromrichtung in beiden Hirnthteilen die gleiche — wenn man die eine Electrode auf den Nacken, die andere gabelförmig auf die beiden Ohrpauken aufsetzt (BRENNER) —, so fehlt der Schwindel und die Erregbarkeitsänderung bleibt ohne wahrnehmbare Zeichen, indem sie auf beiden Seiten gleichzeitig positiv oder negativ ist. Den Schwindel erklärt HITZIG theils aus den Augenbewegungen, Gesichtsschwindel, theils aus einer directen Beeinflussung des Gleichlichtsorgans (cf. unten halb cirkelförmige Canäle und Electrotonus der Netzhaut).

**Bedeutung des electricen Stromes für die Nerven und Muskeln.** — Unsere Untersuchungsweise gibt uns einige Fingerzeige für die Beurtheilung der bisher betrachteten Wirkung der electricen Eigenschaften der Gewebe mit ihrer Erregbarkeit.

Im Electrotonus sehen wir den Nerventheil, dessen ableitbarer Strom vermindert ist — die katelectrotonische Strecke = negative Phase des Electrotonus — in dem Zustande erhöhter Erregbarkeit; umgekehrt sehen wir Verminderung der Erregbarkeit in der anelectrotonischen Strecke, in welcher sich der Nervenstrom verstärkt zeigt = positive Phase des Electrotonus. Die Richtkraft, unter deren Einwirkung die Moleküle stehen, nimmt, wie wir sahen, mit der Intensitätsveränderung des ableitbaren electricen Nervenstromes in demselben Sinne ab und zu. Der Nervenstrom selbst ist demnach als Bewegungshemmung zu betrachten.

Daraus erklärt sich auch die Beobachtung v. BEZOLD's und BERNSTEIN's, dass die negative Schwankung des electricen Gewebsstromes in die Zeit der latenten Reizung, also den Eintritt der Erregung selbst fällt. Es muss die Richtkraft des Nervenstromes zuerst geschwächt werden, ehe es dem Reize gelingt, die Moleküle in die Lagerung zu bringen, welche dem erregten Zustande entspricht.

Wir dürfen darnach weiter schliessen, dass auch sonst bis zu einer gewissen Grenze die Wirksamkeit der electromotorisch wirksamen Gewebe zunimmt mit der Abschwächung ihrer Stromentwicklung; die Hemmung der Bewegung wird geringer werden in Folge der Ursachen, die den electricen Muskel- und Nervenstrom schwächen, ohne die Lebenskräfte der betreffenden Gewebe zu vernichten. Die praktische Beobachtung rechtfertigt diese Annahme vollkommen. Wir sehen nach dem Abtrennen des Nerven vom Rückenmark als Erscheinung des Absterbens die Erregbarkeit zuerst steigen. Wir sehen dies auch bei Fröschen, wenn vielfältig der Muskelsaft schon des ruhenden Muskels durch Zersetzungsstörungen sauer ist, wenn die Muskeln sehr wasserreich sind und durch beide Ursachen die Intensität des Muskel- und Nervenstromes ganz darniederliegt und durch anordnende, krankhaft verstärkte paretische Ströme von der Sehne aus noch weiter gehindert wird, Nerv und Muskel schon auf die kleinsten Reize mit den heftigsten Krämpfen zu antworten; nach vorausgegangenem Tetanus, der den normalen Strom schwächt, sehen wir die Erregbarkeit besonders der Nerven erhöht. So wird es uns auch erklärlich, dass wir bei wässerigen, muskelschwachen Individuen, z. B. bei chlorotischen Frauen so häufig auf verhältnissmässig schwache äussere Reize Krämpfe auftreten sehen.

Der normal starke in der Längsrichtung das Rückenmark durchfliessende eigene elec-

trische Strom polarisirt wie der Froschstrom S. 737 die Rückenmarksmuskeln darf einer durch sensible Reize zugeleiteten negativen Stromschwankung im Stande sein, um die Reflexquerleitung zu ermöglichen.

Die Nervenstämme, wenigstens die der unteren Extremitäten, sind eben durch einen starken aufsteigenden electricen Strom dem Froschstrom durch ihre Moleküle polarisirt. An der Eintrittsstelle der Nerven in ihren Muskel, d. h. im Nervenquerschnitt, herrscht daher Anelectrotonus, dort ist die Nerven-erregbarkeit etwas herabgesetzt. Auch der ausgeschnittene Gastrocnemius des Frosches zeigt durch den aufsteigenden Strom, der die Eintrittsstelle seines Nerven polarisirt. Darauf lassen sich die Unterschiede der Erregbarkeit an verschiedenen Stellen des Nerven Ischiadikus reduciren, welche von PFLIGER und HEIDENHAIN an demselben im Gegensatz gegen höher gelegene Nervenstrecken gefunden wurden. Beide Autoren fanden die Erregbarkeit in der Nähe des Nerven Eintrittes in den Muskel geringer als an weiter entfernten Stellen. Nach HEIDENHAIN sinkt die Erregbarkeit vom Muskel weg erst allmählich, um dann erst zu steigen. Dass die Stärke des Nervenstromes und also auch die des Muskelstromes ausreicht, um Polarisation im Nerven zu erzeugen, ist von PFLIGER bestätigt worden. Er konnte seine Electrotonusphasen erzeugen durch Anlegung eines Querschnitts und Längsschnittes an den auf seine Erregbarkeit zu prüfenden Nerven. Es zeigt sich die Erscheinung der oben S. 759 erwähnten „ausgezeichneten Nervenstämme“ mit erhöhter Erregbarkeit.

Wir haben den electricen Strom der Gewebe in vielseitiger Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen gefunden. Es ist keine Frage, dass er ebenso wie er von der chemischen Zersetzung des Wassers beeinflusst wird, gleichzeitig bedingend auf die Richtung der chemischen Zersetzungsvorgänge in den betreffenden Geweben einwirkt.

### Die electricen Fische.

Bei Torpedo und Narcine Zitterrochen, Gymnotus Zitteraal, Etmopterus Zitterwels finden sich in verschiedener Anordnung electriche Organe, nervöse Apparate, die auf Einwirkung willkürlich oder durch gereizter Nerven zu electricen Batterien werden, welche, wie die Volta'sche Säule, kräftige electriche Schläge mehrmals nach einander, von zunehmender Stärke ertheilen können. Im Ruhezustand geht den Fischen das geschilderte Vermögen ab, im Zustand der Ermüdung nach mehreren Stunden ist es nur noch schwach oder spurweise vorhanden. Trotz der morphologischen Verschiedenheit bei den einzelnen Gattungen zeigt sich doch eine gewisse Gleichförmigkeit im Bau der electricen Organe. Sie setzen sich zusammen aus einer grossen Zahl von mit Bindegewebigen Wandungen umhüllten Säulen zusammen, welche, meist durch zahlreiche häutige Querplatten miteinander geschichtete Kästchen zerfallen. Jedes Kästchen enthält eine oder einige, mit grossen Kernen durchsetzte Nervenendplatte und eine lockere Bindegewebe in regelmässig alternirender Folge. Die Nervenendplatte stellt die Stätten der Electricitätsentwicklung, die Gallertscheiben werden als Anordnung der Volta'schen Säule als feuchte Leiter angesprochen; auch die Bindegewebsstülpe der Kästchen, welche das Bindegewebe organ dient und Nerven und Blutgefässe zuleitet. Jede Quersäule nimmt ein reiches Nervennetz auf, dessen Hauptstämme entweder vom Symplicus und Vagus Torpedo oder Spinalnerven entstammen. Für alle Säulen desselben Organs gleichen Fläche breiten sich die Nerven netze aus und bilden die electriche Platte, deren eine die

er sich positiv die andere und zwar jene, an welcher die Nerven verschmelzen negativ electrisch verhält. Bei *Malapterurus* durchbohren die Nerven Endplatten und bilden ihre Nervennetze auf der entgegengesetzten Fläche, welche dadurch zur negativ electrischen wird, während jene Fläche, welche der Nerv zuerst erreicht, wo er sich auch, ohne die Platte zu durchbohren, mit den übrigen electrischen Fischen verbreitet, im Gegensatz gegen die sonst beobachteten Verhältnisse zur electropositiven wird. Die electrischen Organe sind bei den verschiedenen electrischen Fischen an sehr verschiedenen Körperstellen. Beim Zitterrochen vereinigen sich jederseits zahlreiche, relativ kleine Säulchen zu einem flachen, aber breiten Organ unter der Haut zwischen Kiemensäcken und dem weiten Bogen der Schädelknochenknorpel. Den Kiemensäcken mangeln die Querscheidewände, von unten her treten die Nerven in die Kistchen ein, verbreiten sich sammt den Gefässen im Gallertgewebe und treten von der Bauchseite aus in die Nervenendplatten über, die dorsale Seite des Kopfes wird dadurch zur positiven, die ventrale zur negativen. Der Zitterrochen (A. v. HUMBOLDT) besitzt an jeder Schwanzseite zwei electrische Organe, aus gestreckten horizontal liegenden Säulen gebildet. Die Kistchen stehen in kreuzförmiger Anordnung hinter einander, die Nerven treten von der hinteren Seite ein, die hintere Seite der Endplatten und damit die Schwanzseite des Kopfes ist electronegativ. Der Zitterwels (BILHARZ, DU BOIS-REYMOND) zeigt, ausser der oben erwähnten Besonderheit, durch welche sein Schwanzende positiv, sein Kopfende negativ wird (RANZI), noch in mehrfacher Beziehung abweichende Verhältnisse. Die electrischen Organe erstrecken sich längs des Rückens unter der Haut, durch eine dünne mediane Scheidewand der Rücken-Bauchseite abgegrenzt. Die von Bindegewebe umhüllten unregelmässig geformten Kistchen ordnen sich nicht zu regelmässigen Säulchen, sondern stehen in alternirenden Reihen. Alle Nervenverzweigungen in den Kistchen entspringen von einer einzigen colossalen Primitivfaser an, welche zwischen dem zweiten und dritten Spinalnerven entspringt und aus einem colossalen reich verästelten Ganglion hervorgeht.

Im Bau den geschilderten entsprechende Organe der Nilhechte (*Mormyrus*) und der Stachelrochen scheinen keiner electrischen Wirkungen fähig zu sein, sie werden als pseudo-electrische Organe bezeichnet.

Der Bau der electrischen Organe hat zu Vergleichung dieser mit den Muskeln geführt. Man vergleicht die KÜHN'Schen Nervenendplatten in den querschnittlichen Muskeln morphologisch, und indem man ihnen hypothetisch eine gleiche electrische Wirkung zuspricht, mit den Nervenendplatten der electrischen Organe. Die electrischen Endplatten sind im Muskel auf die contractilen Fasern aufgesetzt, die auf Nervenreiz erfolgende electrische Entladung der Endplatten bringt die Muskelfasern zur Zuckung. Andererseits erscheint nach der Betrachtung das electrische Organ als ein Muskel, aus welchem man alle contractile Substanz entfernt und die Endplatten, nur durch eine Schicht electrisch leitenden Gewebes von einander geschieden, zu einer Säule geordnet hintereinander gelegt hat.

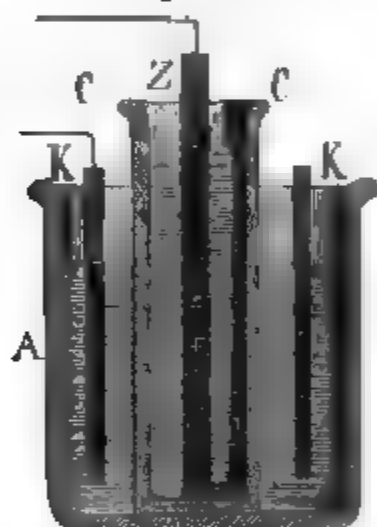
Auffallend ist die Unempfindlichkeit der electrischen Fische gegen ihren eigenen Strom. Während sie Fische und andere ihnen zur Nahrung dienende Thiere mit ihrem electrischen Schlag lähmen, leiden sie selbst nicht, obwohl

der Schlag auch sie durchsetzt (du Bois-REYMOND, BOLL). Du Bois zeigte, dass die electrischen Fische ebenso gegen electrische Schläge er experimentell durch das Wasser, in dem sie sich befanden, lei welche andere, in demselben Wasser und Behälter gleichzeitig b Thiere betäubte und tödtete, fast ganz unempfindlich waren. Absolu Immunität nicht, der electrische Fisch (Torpedo) ist durch äussere E zum Zucken zu bringen, freilich erst durch stärkere Schläge als and und sonstige Wasserthiere, er zuckt, wenn auch gering, doch wal selbst auf seinen eignen Schlag, er kann durch letzteren Exempl Species zu schwachen Zuckungen veranlassen (J. STEINER).

### III. Medicinisch-electrische Apparate und Ver

**Konstante electrische Ketten.** — Als konstante Ketten wendet m weise drei an: die DANIELL'sche, die GROVE'sche und die BREXEN'sche.

Fig. 489.



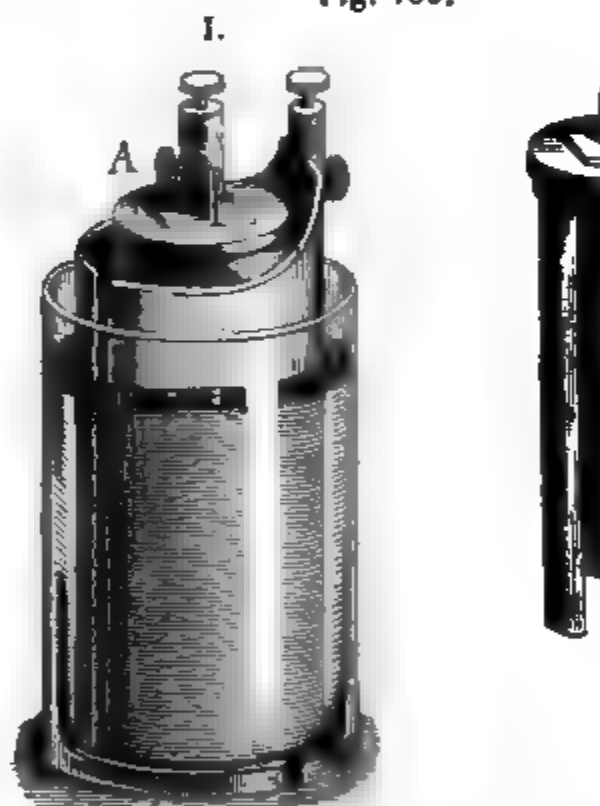
DANIELL'sches Element auf dem Durchschnitte. A Glasgefäss, in welchem in Kupfervitriollösung das cylindrisch gebogene Kupferblech K steht. C Diaphragma mit Schwefelsäure und Zinkcylinder Z.

Fig. 484.



Zink Z und Kupfer K in verdünnter Schwefelsäure, die Pfeile geben die Stromrichtung an.

Fig. 489.



GROVE'sches Zink-Platin-Element. I. Das Element. Im äusseren Glas steht das Zink in Schwefelsäure, innerhalb des Zinkcylinders ein diaphragma, in welchem in concentrirter Salzsäure ein S-förmig gekrümmte Platinblech II steckt. A ein Deckel, um die Dämpfe der rauchenden Schwefelsäure möglichst zurückzuhalten. A ist mit einer Klemmschraube versehen, eine gleich am Zink zur Aufnahme der Leitungsdraht.

In allen dreien findet sich als Metall Zink und zwar amalgamirt, um die electrischen Ungleichartigkeiten seiner Oberfläche auszugleichen. Es steht in einem I

ranntem Thon in verdünnter Schwefelsäure (auf 1000 ccm destillirten Wassers 25 ccm concentrirten Säure). Das Kupfer in den DANIELL'schen Ketten ist in eine concentrirte von schwefelsaurem Kupferoxyd eingesenkt, in die, um sie stets concentrirt zu erhalten, Krystalle ungelösten Kupfervitriols geworfen werden. Schwefelsäure und Kupferleben durch die Poren des Diaphragma in Berührung. In den GROVE'schen Elementen Stelle des Kupfers Platin, in den BUNSEN'schen Kohle (Gaskoake), beide in concentrirter Schwefelsäure, das Zink in derselben Schwefelsäure wie bei den DANIELL'schen Ketten. Stromotorische Kraft der GROVE'schen und BUNSEN'schen Ketten ist etwa 4,8 mal grösser der DANIELL'schen (Fig. 482, 488). Am Zink ist der negative, an dem an-Metall (Kupfer, Platin oder Kohle) der positive Pol.

Inkonstante Ketten werden in der Therapie hier und da, wo es zwar auf kräftiger kurzdauernde Wirkungen ankommt, benutzt. Bei ihnen findet keine vollkommene Electrolyse gebildeten Ionen statt. Es stehen die zwei Electricitätserzeuger z. B. Zink und Kohle — in der gleichen Flüssigkeit, entweder Schwefelsäure oder Salzsäure.

Um die Wirkungen der galvanischen Ketten zu verstärken, combinirt man mehrere, indem man alle positiven und alle negativen Pole der einfachen Ketten mit einander verbindet (durch Klemmschrauben oder Löthung), oder indem man abwechselnd je einen positiven und einen negativen Pol vereinigt. In dem ersteren Falle bildet man aus allen positiven und negativen Metallen gleichsam eine grössere einfache Kette, es wird die electricische Kraft von der einen Kette zur andern geleitet, an den freibleibenden Polen summirt sich die Electricität aller einzelnen. Man wendet diese Methode vor Allem dann an, wenn die Widerstände in der Leitung ausserhalb des Elementes gering sind, wie zum Beispiel bei der Galvanokautik, wo sich nur metallische Leiter finden. Bei den thierischen Versuchen so wie bei der Anwendung der Electricität auf den menschlichen Körper, der einen sehr grossen Leitungswiderstand bietet, ist die zweite Art der Combination vortheilhaft. Fig. 484 gibt die Stromrichtung an.

**Electricische Reizapparate.** — Zur Erregung der Muskeln und Nerven dienen plötzliche Intensitätsschwankungen des einwirkenden electricischen Stromes, da ein konstanter Strom gewöhnlich nicht erregend wirkt. Am einfachsten sind solche Intensitätsschwankungen durch Oeffnen und Schliessen stärkerer konstanter Ströme zu erreichen. Man sieht zumal am Froschmuskel eine lebhafte Zuckung, bei starken Strömen fühlt man einen heftigen Schmerz, während bei konstantem Andauern des Stromes der Schmerz weniger intensiv und gewöhnlich keine Muskelcontractionen eintreten. Es sind am besten zur Erregung Ströme anzuwenden, welche nicht konstant sind, nur kurze Zeit dauern, in dieser Zeit aber rasch zu einer bestimmten Höhe anwachsen und dann sogleich wieder abnehmen. Lässt man derartige Ströme in rascher Aufeinanderfolge durch Muskel oder Nerven gehen, so erhält man keine einzelne, sondern eine dauernde Erregung: Tetanus. Die kurzdauernde, stark erregend wirkende Ströme sind vor Allem die Inductionsströme zu nennen. Die Inductionsapparate leisten Alles, was man in dieser Beziehung erreichen kann, wenn sie wie der Schlittenmagnetelectromotor von du Bois-Reymond (Fig. 485) gestatten, nach Belieben schwache und starke Ströme anzuwenden und diese in rascher oder geringerer Schnelligkeit sich folgen zu lassen.

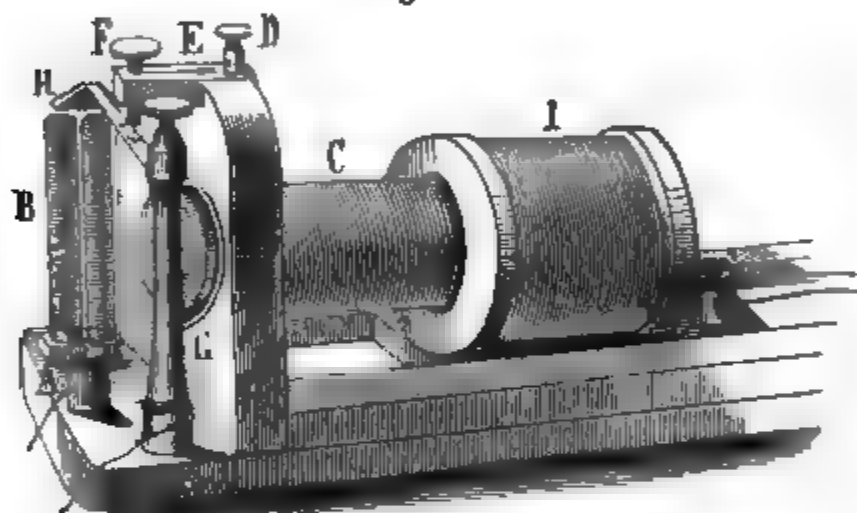
Man hat an ihm die primäre C und die secundäre Rolle I, die in einem Falze, in welchem die secundäre Rolle schlittenartig sich verschieben lässt, leicht von einander beliebig entfernt, so weit, dass keine Induction mehr erfolgt, oder im Gegentheile ganz über einander gebracht werden können. Dadurch ist es möglich, die Intensität der Inductionsströme beliebig zu verringern und zu vergrössern, die grössere oder geringere Annäherung der Rollen bewirkt eine sehr zarte Abstufung der Stromstärken. Letztere können noch durch Einlegen von Eisenstäben ausnehmen des Drahtbündels in der primären Spirale in anderer Weise regulirt werden.

Die Raschheit des Oeffnens und Schliessens des inducirenden electricischen Stromes, die Erzeugung für physiologische und ärztliche Zwecke gewöhnlich vollkommen ein-



einziges mittelgrosses DANIELL'sches Element ausreicht (nur unter besonderen Fällern man eines GROVE'schen oder BUNSEN'schen Elementes), kann durch feines Verschraub über dem electricisch bewegten Hämmerchen angebrachten Schraubchens *F* verändert durch tieferes Einschrauben desselben wird die Entfernung des Hämmerchens von se Ambos dienenden Electromagneten verringert, damit auch seine Schwingungsdauer Zeit der Oeffnung und Schliessung. Das genannte Schraubchen, das in eine feil ausläuft, leitet dem Hämmerchen den bewegendenden electricischen Strom zu, man sieht ihm und dem letzteren, wenn der Apparat spielt, Funken überspringen, welche das Hämmerchen oxydiren. Um letzteres möglichst zu verhüten ist ein Platinblättchen Schraubenspitze auf den Hammer gelöthet, das, trotzdem das Platin sehr schwer ist, manchmal gepulzt werden muss, um die metallische Berührung und damit den Apparates fort dauern zu lassen. Der Strom wird dem Apparat durch zwei Klemme *A* und *G* zugeleitet, von denen sich die eine am Fusse des den Hammer tragenden *S* die andere unten neben diesem befindet. Jede ist gewöhnlich mit einem Buchstabe *Z* bezeichnet, zur Andeutung, dass die eine für Aufnahme des Zink-, die andere für

Fig. 485.



Schlittenmagnetelektromotor *G* primäre, *I* secundäre Inductionsspirale. *B* *H* Electromagnetisches Unterbrechungshämmerchen mit der Stellschraube. *F* Klemmschrauben zur Zuleitung des konstanten Stromes (1 DANIELL) an *I* unten die Klemmschrauben zum Ableiten der Inductionströme, Verbindung mit den reisenden Electroden.

Fig. 486.



Schlüssel zum Tetan

*a* Platte von Hartkautschuk  
Holzschraube befestigt  
eingeklötze mit je 2  
Schrauben zum Aufm  
Drähten, *d* Messinghebel  
hebe, mit *c* durch ein Me  
leitend verbunden

Kupferpoles bestimmt ist. Die gleichbleibende Wahl der einen oder anderen Klemme für Zink oder Kupfer hat vor Allem den Zweck, die Stromrichtungen in dem Magnetmotor gleichmässig zu halten. Die inducirten Ströme in der secundären Spirale wie wir gesehen haben, beständig in ihrer Richtung. Der Oeffnungstrom verläuft schneller als der Schliessungsstrom, er wirkt daher auch weit energischer als dieser praktisch nur seine Richtung in Betracht kommt. Die Versuche ergeben nun, dass die durch Inductionsströme an der negativen Electrode (an welcher der Strom der wieder verlässt) weit stärker ist als an der positiven (an welcher der Strom eintritt) daher gut, die reizende Electrode (für die Muskeln die kleinere, für die Haut den Pinsel) mit derjenigen Klemmschraube der secundären Spirale zu verbinden, welche Oeffnungs-Inductionsstrom die negative Electrode ist. An der secundären Spirale sind ebenfalls zwei Klemmschrauben, welche zur Aufnahme der als Electroden dienenden dienen (Fig. 485). Gemeinlich leitet man diese letzteren zuerst zu einem sog Schlüssel. Sehr zweckmässig ist dazu DU BOIS-REYMOND's Schlüssel zum Tetan der auf eine Holzschraube befestigt wird, um ihn beliebig an einen Tisch anzusetzen. Der Schlüssel selbst besteht aus zwei isolirt auf gehärtetem Kautschuck *a* befestigten Klötzchen *c* und *b*; an *C* ist ein Messinghebel *d* mit einer beinernen, also isolirten Handhabe versehen angebracht (Fig. 486). Drückt man ihn an seiner Handhabe an

er sich an den anderen Klotz an und setzt ihn in gut leitende Verbindung mit dem ersten. Der der beiden Klötze hat zwei Durchbohrungen, in welche man durch Schrauben Drähte klemmen kann. Leitet man nun die zwei Drähte der secundären Spirale in je einen solchen Klotz und von jedem Klotze weg je eine der zur Reizung zu verwendenden Electroden schliesst den Schlüssel durch Niederdrücken des Hebels, so bildet dieser Hebel eine leitende Brücke (Nebenschliessung) zwischen den offen gedachten oder an einen Körper starkem electrischen Widerstand, z. B. an der Haut oder an einen Nerven angelegten Electroden. Die Inductionsströme nehmen unter diesen Umständen ganz diesen besser leitenden Weg, so dass bei geschlossenem Schlüssel keine Wirkung eintritt. Wenn er geöffnet ist, brechen die Inductionsströme in den Electrodenkreis herein und erzeugen betreffenden Falles die geforderte Erregung. Schlittenapparate zu therapeutischen Zwecken sind meist in einem Kasten eingeschlossen; es finden sich gewöhnlich auch schon an Schlüsselvorrichtungen an ihnen angebracht, die die eben genannte unnöthig machen. Zu therapeutischen Zwecken wurden früher fast ausschliesslich Inductionsapparate nicht mit Electromagneten wie der beschriebene du Bois-REYMOND'sche Schlitten, sondern mit Permanentmagneten benutzt. Sie haben den Vorthell, dass sie stets sogleich zum Gebrauche bereit sind, ohne dass erst ein galvanisches Element hergerichtet und angeschraubt werden musste. Doch wird dieser Vorthell reichlich durch den Nachtheil aufgewogen, dass der Apparat zu seiner Bedienung einen Gehülfen zum Drehen der Kurbel bedarf. Dazu kommt noch, dass die Stromschwächung und Verstärkung weniger leicht und in geringeren Grenzen zu machen ist als bei den eben beschriebenen Apparaten. Doch werden sie noch jetzt vielfältig benutzt: SAXTON'sche Maschinen oder magneto-electrische Rotationsapparate. Die Stärke einer SAXTON'schen Maschine hängt von der Stärke ihres Magneten, der Windungszahl ihrer Rollen und von der Geschwindigkeit des Drehens ab. Man kann die Stärke also durch Schwächung des Magneten reguliren, welche man durch Anlegung eines Eisenkerns, je näher den Polen, desto eingreifender, erreichen kann. Gewöhnlich ist auch an einer Schraubenvorrichtung angebracht, welche es erlaubt, die Inductionsrollen mehr oder weniger von den Magnetpolen abzurücken, wodurch die Wirkung auch herabgesetzt werden kann.

**Physiologische und therapeutische Electroden.** — Die electrischen Ströme der eben genannten Instrumente werden den physiologischen Präparaten durch sogenannte Electroden zugeleitet. Diese Electroden sind gewöhnlich zwei einfache Drähte, am besten Platindrähte, mit denen man die zu reizenden Organe metallisch berührt. Man kann die Drähte mit der Hand während der Reizung halten. Natürlich müssen sie dazu an der Stelle, wo man sie berührt, mit einer isolirenden Schicht, Glas- oder Kautschukröhrchen, begeben sein. Auch Griffe von Bein in bequemer Form isoliren meist genügend. Kommt es bei physiologischen Reizversuchen darauf an, die Polarisation vollkommen zu vermeiden, so kommen die beschriebenen du Bois-REYMOND'schen unpolarisirbaren Electroden in einer modificirten Form zur Verwendung: Glasröhrchen, deren eines offenes Ende mit feuchtem plastischem Thon, getränkt mit 0,7—4 pCt. Kochsalzlösung, verschlossen ist, den Thon als Spitze, der mit der Hand jede beliebige Form gegeben werden kann, vorstehen lässt. Diese Thonspitzen werden an die zu reizenden Nerven oder Muskeln direct angelegt. Das andere Röhrchen ist mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt, in welche ein schmales amalgamirtes Zinkblech getaucht ist, das bis gegen den Thonboden des Röhrchens herabreicht. An dem Zinkblech ist der Leitungsdraht, der die Electroden mit dem electrischen Apparat verbunden angelöthet.

Die Electroden für therapeutische Zwecke haben eine wesentlich von den eben beschriebenen verschiedene Gestalt. Sie haben den Zweck, electrische Reizung durch trockene Oberhaut des menschlichen Körpers hindurch zu vermitteln, welche für sich die electrischen Ströme nicht leitet, wie alle hornähnlichen Materien, die ja als Isolatoren benutzt werden können. Die Schweissdrüsen, welche die Epidermis durchsetzen, sind dagegen



ingen. DUCHENNE fand, dass man von bestimmten Punkten der Hautoberfläche an, wenn man dort die reizende Electrode aufsetze, am besten und vollständigsten die Muskelcontraction bewirken könne. Er nannte diese Stellen: »Punkte der Wahl«. dafür den bezeichnenden Ausdruck: motorische Punkte und sprach zuerst von den Stellen den unter der Haut liegenden Eintrittspunkten der Nerven in die Muskeln. ZIEMSEN hat die bis dahin bekannten motorischen Punkte als die Eintrittspunkte der Nerven in die Muskeln anatomisch erwiesen und eine Anzahl neuer festgestellt.

Die Erregung der Nerven im Gesichte liegt die breite feuchte Electrode auf dem Rücken. Wie hier wie bei den Sinnesnerven nur sehr schwache Ströme!! Um das Gesicht zu electricisiren, setzt man die eine (kleine) Electrode auf den inneren Augenecksaussparung auf die Schläfe. Zur Erregung des Gehörnerven füllt man das Ohr mit Wasser und bringt einen Draht hinein, die breite Electrode liegt wie oben auf der Hinterhauptknochen die Electricität auch leiten, so kann man mit entsprechenden Stromstärken Centralorganen des Nervensystemes (Rückenmark und Gehirn) electricisiren.

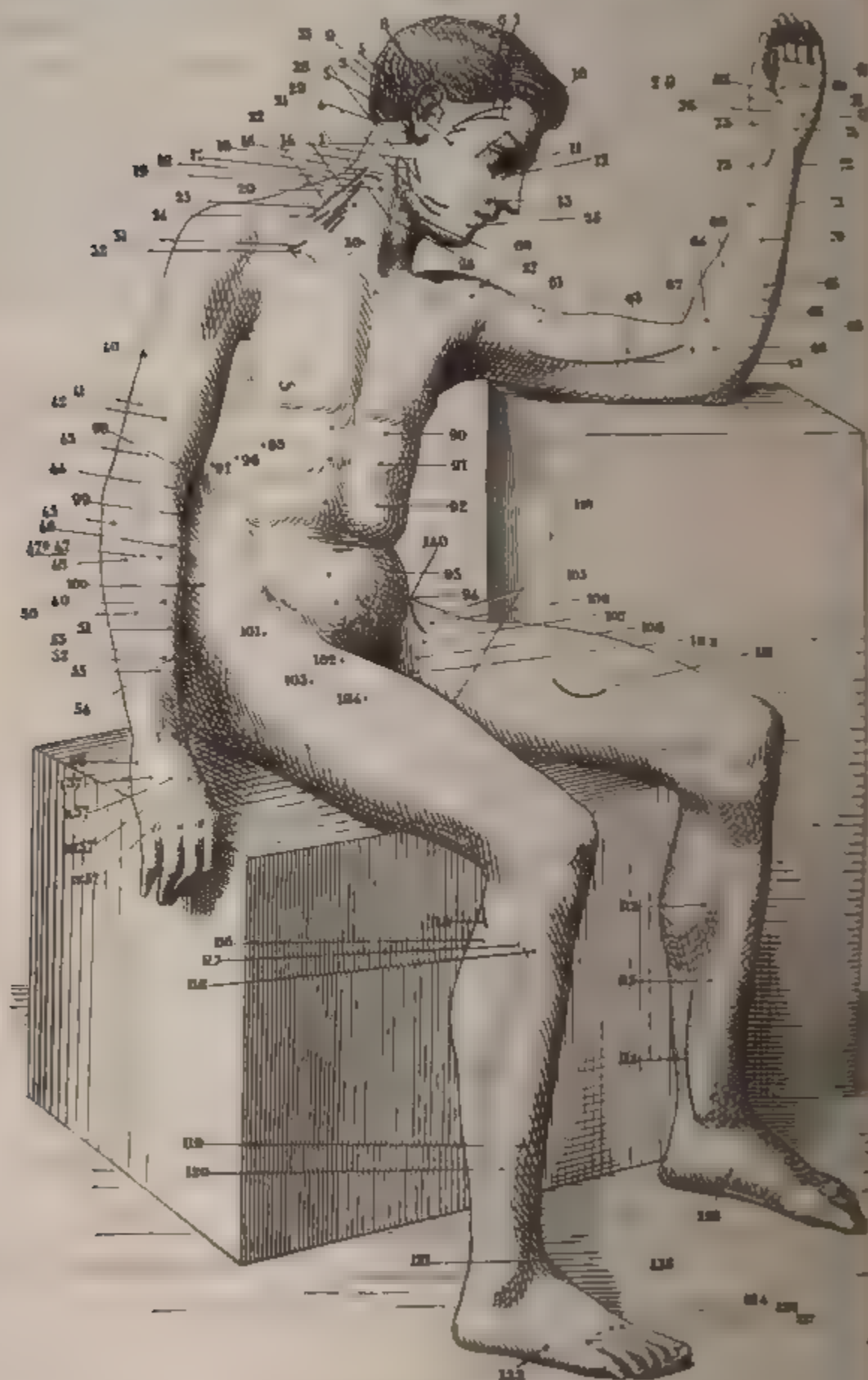
In der stehenden Fig. 188 sind nach ZIEMSEN eine Reihe motorischer Punkte auf der Haut der Gesichtshälfte der Electroden zur Erregung bestimmter Nerven und Muskeln bezeichnet. Diese Punkte sind nach einer Photographie eines 26jährigen Mannes angefertigt, an welchem ZIEMSEN die motorischen Punkte aufgesucht und mit Höllenstein auf die Haut bezeichnet hatte.

#### Tabelle der motorischen Punkte nach ZIEMSEN.

Eintrittsstelle des N. facialis nach seinem Austritt aus dem Foram. stylomast.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zu den Mm. retrahentes und attollens auriculae (hintere Portion).  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. occipitalis.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. tragicus und antitragicus.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. attrahens auriculae und attollens auriculae (vordere Portion).  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. frontalis.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. corrugator supercilii.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. orbicularis palpebrarum.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. zygomaticus major.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. zygomaticus minor.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. levator lab. super. et alae nasi.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. compressor nasi.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. levator lab. super. propr.  
 Eintrittsstelle (Rami buccales) des N. facialis.  
 Eintrittsstelle (Rami subcut. maxill. inf.) des N. facialis.  
 Eintrittsstelle (Rami subcut. colli) des N. facialis.  
 Eintrittsstelle des N. accessorius Willisii zum M. sternocleidomast.  
 Eintrittsstelle des Astes des N. accessorius Willisii zum M. cucullaris.  
 Eintrittsstelle des Platysma myoides aus dem Plex. cervicalis.  
 Eintrittsstelle des Plexus cervicalis zum M. levator anguli scapulae.  
 Eintrittsstelle des N. phrenicus.  
 Eintrittsstelle des N. scapulae zum M. rhomboideus und serratus postic. sup.  
 Eintrittsstelle der Nervi pectorales anteriores (N. thorac. long.) zum M. serratus magnus.  
 Eintrittsstelle des N. scapularis zum M. supra- und infrascapularis.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. quadratus menti.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. triangularis menti.  
 Eintrittsstelle des N. glossus.  
 Eintrittsstelle der Ansa N. hypoglossi zum M. amohyoideus.  
 Eintrittsstelle der Ansa N. hypoglossi zum M. sternothyreoideus.  
 Eintrittsstelle der Ansa N. hypoglossi zum M. sternohyoideus.  
 Eintrittsstelle des äusseren Bündels des Plex. brachialis, aus welchem der N. musculocutan. und ein Theil des N. medianus entspringen.  
 Eintrittsstelle der Nervi pectorales anteriores zu den Mm. pectorales.  
 Eintrittsstelle des N. facialis zum M. quadratus menti.  
 Eintrittsstelle des N. radialis zum Caput extern. M. tricipitis.  
 Eintrittsstelle des N. radialis.  
 Eintrittsstelle des inneren Astes des N. radialis zum M. brachialis internus.  
 Eintrittsstelle des N. radialis (vom Muskel bedeckt) zum M. supinator longus.  
 Eintrittsstelle des N. radialis (vom Muskel bedeckt) zum M. radialis externus longus.  
 Eintrittsstelle des N. radialis zum M. anconaeus quartus.  
 Eintrittsstelle des N. radialis zum M. radialis externus brevis.

- Nro. 47. } Aeste des N. radialis zum M. extensor digitor. communis.  
 47. a) }  
 - 48. Nerveneintrittsstelle zum M. ulnaris externus  
 - 49. Gemeinsame Reizungstelle für den M. abductor pollicis longus und extensor digiti indicis

Fig. 189.



Motorische Punkte nach Ziemann

- Nro. 50 Motorischer Punkt für den M. extensor digiti minimi proprius  
 51 Motorischer Punkt für den M. abductor pollicis longus  
 - 52 Motorischer Punkt für den M. extensor indicis proprius.



Gemeinsamer motorischer Punkt für die Mm. extensores pollicis longus und brevis.  
 Motorischer Punkt für den M. extensor pollicis brevis.  
 Motorischer Punkt für den M. extensor pollicis longus.  
 Motorischer Punkt für den M. abductor digiti minimi.

I. }  
 II. } Motorische Punkte für die Mm. interossei externi.  
 III. }  
 IV. }

Zweig der Nn. thoracici ant. zum M. deltoideus.

Nervus musculocutaneus.

N. medianus.

Reizungsstelle des Zweiges vom N. musculocutaneus zum M. brachialis int.

Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (äusserer).

} Motorische Punkte für den M. flexor digitor. sublimis.

Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (innerer).

Motorischer Punkt für den M. radialis internus.

Motorischer Punkt für den M. palmaris longus.

Motorischer Punkt für den M. flexor digitorum sublimis.

Motorischer Punkt für den M. flexor pollicis longus.

Nervus ulnaris nach Abgabe seines Dorsalastes.

Nervus medianus.

Reizungsstelle des Ram. volaris prof. N. ulnaris.

Motorischer Punkt für den M. abductor pollicis brevis.

Motorischer Punkt für den M. opponens pollicis.

Motorischer Punkt für den M. abductor digiti minimi.

Motorischer Punkt für den M. flexor digiti minimi.

Motorischer Punkt für den M. flexor pollicis brevis.

Reizungsstelle des Ulnarzweiges zum M. adductor pollicis.

Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis II.

Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis I.

Motorischer Punkt des M. flexor digitor. commun. profundus.

Motorischer Punkt des M. ulnaris internus.

} Motorische Punkte der Bäuche des M. rectus abdominis.

} Motorische Punkte des M. obliquus abdominis externus.

Motorischer Punkt des M. transversus abdominis.

Motorischer Punkt des M. obliquus abdominis internus.

Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. tensor fasciae latae.

Eintrittsstelle des inneren Zweiges vom N. cruralis zum M. rectus femoris.

Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. vastus externus.

Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. cruralis.

Nervus cruralis.

Zweig des N. cruralis zum M. sartorius.

Motorischer Punkt des M. pectineus.

Motorischer Punkt des M. adductor brevis.

Motorischer Punkt des M. adductor longus.

Motorischer Punkt des M. gracilis.

Zweig des N. cruralis zum M. vastus internus.

Motorischer Punkt des M. soleus.

Zweige vom N. tibialis zum M. flexor digitor. commun. longus.

Nervus tibialis.

Nervus peroneus.

Nervus peroneus superficialis.

Motorischer Punkt des M. extensor digitor. commun. longus.

Motorischer Punkt des M. tibialis anticus.

Motorischer Punkt des M. extensor hallucis longus.

Motorischer Punkt des M. peroneus tertius.

Endast des N. peroneus profundus zum M. extensor digitorum communis brevis.

Motorischer Punkt des M. abductor digiti minimi.

Motorischer Punkt des M. abductor hallucis.

} Motorische Punkte der Mm. interossei externi.

Nervus obturatorius.

Der Nervus ischiadicus ist am unteren Rande des Glutaeus maximus zwischen Trochanter major und Tuber ischii in der Mitte, mit kräftigem Aufsetzen und starkem Strom zu erreichen: Beugung des Unterschenkels mit schmerzhaften Sensationen.

Etwa in der Mitte der Mittellinie der Hinterfläche des Oberschenkels findet sich ein motorischer Punkt (N. ischiadicus) für den M. biceps femoris, über der Kniekehle auch in der Mittellinie ein zweiter.

Neben dem oberen motorischen Punkte des M. bic. fem. nach innen  $5\frac{3}{4}$ " vom Tuber ischii ist der Nervenast für den M. semitendinosus zu treffen.

Noch etwas weiter nach innen auf derselben Höhe am Schenkel der Ast des M. semimembranosus etc.

# Physiologie der Sinnesorgane.

## Zweiundzwanzigstes Capitel.

### Die allgemeinen Grundlagen der Empfindung, Hautsinn und Gemeingefühl.

---

#### Leitungsgesetze der Nerven.

Der Verkehr des menschlichen Organismus mit der Aussenwelt zeigt eine aktive und eine passive Seite. Die Fähigkeit der aktiven Einwirkung beruht auf den Mechanismen der willkürlichen Bewegung, die wir auf Reizzustände anwenden sehen, welche von den nervösen Centralorganen aus der Peripherie zugeleitet werden. Passiv sehen wir von der Aussenwelt her die nervösen Centralorgane Veränderungen ihres Ruhezustandes erleiden, deren psychische Reflexe wir als Empfindungen bezeichnen. Für die Erzeugung dieser Veränderungen sind eigene peripherisch gelegene Organe vorhanden, die Sinnesorgane, welche gewisse Bewegungen der Aussenwelt, für welche der Nerv an sich z. Thl. nicht empfindlich (oder zu stark empfindlich) ist, in adaequate Nervenreize umsetzen. Nur die Endorgane des Opticus sind für Licht, des Acusticus für Schall, des Olfactorius für Gerüche erregbar. Ohne die Sinnesapparate fehlt dem Nerven die Fähigkeit der Erregung durch gewisse Bewegungsformen ausser ihm. Man kann sich vorstellen, dass es noch eine Reihe von Bewegungsformen ausser diesen gibt, von denen wir keine Ahnung haben, da den Menschen die Organe, sie in Nervenreize zu verwandeln, abgehen (cfr. Sechster Sinn).

Die beiden namhaft gemachten Nervenleitungen, motorische und sensible, verlaufen in den motorischen und sensiblen Nerven in verschiedener Richtung. Während bei den ersteren ein in den Centralorganen entstehender Reizzustand centrifugal den Organen zugeleitet wird, erfolgt dort auf einen in der Peripherie auf die Nervenendigungen einwirkenden Reiz die Erregung der Centralorgane, die Erregungsleitung geschieht sonach im entgegengesetzten Sinne: centripetal. Für alle functionell verschiedenen Nervengattungen gilt bei jeder Erregung, soweit nicht electriche Stromschwankungen in Betracht kommen, das oben besprochene Gesetz der isolirten Leitung, nach welchem der physiologische Erregungszustand aus einer Nervenfasern niemals direct auf eine andere, d. h. von Nervenfasern zu Nervenfasern, übertragen wird. Die Erregung beschränkt sich primär auf die gereizte Nervenfasern und ihre peripheren

und centralen Endverzweigungen. Uebertragungen von Nervenenergie auf andere Fasern finden nur durch Vermittelung von Ganglienzellen in nervösen Centralapparaten statt.

Man hat lange versucht, die Grundlage des motorischen und sensiblen, verschiedenen Leitungsvermögens in einer äusseren oder inneren Verschiedenheit der Nerven selbst, in denen es sich findet, zu entdecken. Das Mikroskop, chemische Analyse, das physikalische Experiment haben solche gesuchten Unterschiede in den Stämmen und Zweigen der Bewegungs- und Empfindungsnerven selbst bisher nicht auffinden können, wir müssen sonach die Ursache der Verschiedenheiten der nervösen Thätigkeiten im Centrum oder in der nächsten Peripherie oder an beiden Orten suchen.

In physikalischer d. h. electricischer Beziehung scheinen die physikalischen Grundeigenschaften der motorischen und sensiblen Nerven identisch zu sein. Die von Bois-Reymond'schen Entdeckung der negativen Stromschwankung des gereizten Nerven ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, zu entscheiden, ob der Erregungsvorgang im auf- oder absteigenden Sinne in den verschiedenen Nervengattungen ihren verschiedenen Functionen entsprechend mit gleicher Leichtigkeit zu Stande komme. Es zeigt sich, dass sich in dieser Beziehung keine merklichen Unterschiede ergeben. Die negative Schwankung lässt sich bei functionell gemischten Nervenstämmen erhalten, wenn wir das periphetische oder das centrale Nervenende dem Reiz aussetzen, so dass einmal centripetal, das andere Mal centrifugal der Erregungszustand geleitet wird. Wenn wir die reizenden Electroden so an, dass eine mittlere Strecke des ausgetretenen Nerven erregt wird, und leiten von beiden Endquerschnitten zu ihnen nahe gelegenen Längsschnitten an zwei Multiplicatoren gleiche galvanische Nervenströme ab, so zeigen beide Ströme auf den Reiz die negative Schwankung zum Beweise, dass diese sich auf- und abwärts fortzupflanzen vermögen, und dass das Zustandekommen derselben in einer Richtung erleichtert scheint. Diese Versuche der Art, an den Nervenstämmen selbst angestellt, leiden an einem zu übersehenden Fehler. Die Nervenstämmen, welche zu den electricischen Versuchen zu Gebote stehen, sind nämlich meist gemischter Natur, d. h. sie enthalten in quantitativ verschiedener Mischung motorische und sensible Fasern. Man konnte auf den Verdacht kommen, dass das Zustandekommen des Erregungszustandes, der negativen Schwankung das eine Mal in der Leitung der einen, in der anderen der zweiten Fasergattung zuzuschreiben, und dass die Austrittsstellen der Nerven aus dem Rückenmarke zeigen sich, dass die Fasern der beiden Gattungen noch ungemischt. Die vorderen Nervenwurzeln bestehen aus motorischen, die hinteren aus sensiblen Nervenfasern. Russell setzt, cfr. unten Cap. XXVI. Dr. Bois-Reymond hat durch Versuche die Richtigkeit der oben angeführten Thatsache auch für diese ungemischten Nerven bestätigt, ebenso zeigt der rein sensible Olfactorius des Hechtes einen rein motorischen Nervenstrom und negative Schwankung KERNÉ, STEINER, so dass damit die doppel sinnige Leitungsvermögen beider Nervengattungen erwiesen ist.

Man hat den Beweis der doppel sinnigen Leitung auch auf die Weise zu suchen versucht, dass man einen motorischen und einen nah gelegenen sensiblen Nerven durch das periphetische Ende des motorischen mit dem centralen Ende des sensiblen, und durch das periphetische Ende des sensiblen mit dem centralen Ende des motorischen

te. Zu diesen Versuchen wurde von BIDDER der Nervus hypoglossus und lingualis Hunden zu verwenden versucht, von denen der erstere die Bewegung der Zungenmuskeln, andere die Empfindung der Zunge vermittelt. In der Mehrzahl der angestellten Versuchen die Nervenstämme wieder direct an einander, nicht, wie man gewünscht hatte, gesetzt. In neueren Versuchen schien das Experiment jedoch gelungen. Man konnte von dem der Narbe liegenden früheren sensiblen Lingualisende aus durch electriche Reizung reaction der Zungenmuskeln erhalten (PHILLIPEAUX, VULPIAN, J. ROSENTHAL). So konnte durchs Experiment die Möglichkeit der Nervenenerregungsleitung in beiden Richtungen als bewiesen angesehen werden. Neuerdings hat aber VULPIAN die Entdeckung gemacht, dass nach Durchschneidung des Hypoglossus, wenn das peripherische Ende desselben bereits unerregt geworden ist, vom Lingualis aus Bewegung der Zunge hervorgerufen werden könne. Diese Thatsache verdankt der Lingualis den beigemischten Chordafasern, da auf Reizung der Chorda dieselben Zungenbewegungen eintreten, und nach Durchschneidung der Chorda ausbleiben. Das Resultat des eben beschriebenen berühmten Versuchs lässt sich also auch durch Verwachsung der centralen Chorda mit peripherischen Hypoglossusfasern erklären. —

Bezüglich einer etwaigen Verschiedenheit im chemischen Verhalten der motorischen und sensiblen Nerven ist auf die Bemerkung L. LÖWE's hinzuweisen, welcher bei Kaninchen experimenten fand, dass sich die sensiblen Nervenfasern schwächer mit Carmin färben als die motorischen, was jedoch im Zusammenhalt mit mikroskopischen Befunden nur für eine spätere vollkommene Ausbildung und Functionirung der ersteren Nervengattung spricht.

Die Verschiedenheit der Empfindungs- und Bewegungsnerven liegt nach den bisherigen Anschauungen also nicht in ihnen selbst. Die Unterschiede in ihrer Functionirung werden verursacht durch die Verschiedenheit der peripherischen und centralen Apparate, welche durch die Nerven mit einander in Verbindung gesetzt werden. Der motorische Nerv erhält seinen Charakter dadurch, dass er von einer Ganglienzelle entspringt und in einer Muskelfaser endigt. Sein normales Reizorgan ist eine central gelegene Ganglienzelle, sein Arbeits- oder Erfolgsorgan ein peripherisch gelegener Muskel; so kommt es, dass der motorische Nerv von seinem normalen Reizorgane aus nur centrifugal erregt wird, obwohl er doch die Fähigkeit zur centripetalen Erregungsleitung besitzt. Umgekehrt ist das bei den sensiblen Nerven: sie laufen von einem peripherisch gelegenen Reizorgan, einem sogenannten Sinnesorgane: Auge, Ohr, Tastkörperchen etc., zu ihrem central gelegenen Erfolgsorgan, zu Ganglienzellen im Gehirn und Rückenmark. Der normale Reiz, der die Empfindungsnerven erregt, wirkt an der Peripherie ein, das Erfolgsorgan, welches dadurch erregt wird, liegt central, so ist die Richtung der Erregungsleitung normal centripetal, obwohl den betreffenden Nerven auch ein Leistungsvermögen nach der umgekehrten Richtung zukommt.

Das Zustandekommen der inneren Bewegung, welche den Empfindungsgang vermittelt, pflegt die moderne Physiologie in central gelegene Ganglienzellen zu verlegen, da sich in den Centralorganen keine anderen Organe als die Ganglienzellen, als deren Ausläufer die Nervenfasern zu betrachten sind, finden, denen wir diese höchste Function des animalen Organismus zuzuschreiben vermögen (cf. Gehirn und Rückenmark).



### Qualitäten der Empfindung.

Die Empfindungserscheinungen schliessen, auch abgesehen von der psychologischen Seite der hier sich aufdrängenden Fragen, einige der größten Räthsel der Physiologie in sich.

Woher kommen die verschiedenen Qualitäten der Empfindung? Wodurch unterscheiden wir die sensiblen Nervenbewegungen sehen, hören, schmecken, riechen, Tast- und Temperaturempfindung?

Man hat in einer früheren Periode der Wissenschaft sich damit begnügt, die sensiblen Nerven als blosser Leiter für die Eigenschaften der äusseren Welt anzusehen; man glaubte wohl, dass durch die Nerven direct die Eindrücke des Lichtes, der Tonschwingungen, der Geschmacksstoffe den Centralorganen geleitet würden, die Qualitäten der Empfindungen führte man auf die Qualitäten der sie erzeugenden Bewegungen und Stoffe direct zurück. Man suchte sich dieser Annahme über die Schwierigkeiten hinwegzusetzen, die aus der Erfahrung hervorgehen, dass bei dem Menschen durch Reizung jeder einzelnen sensiblen Nervenfasers nur solche Empfindungen entstehen können, welche zu dem Qualitätskreis eines bestimmten Sinnes gehören, und dass jeder Reiz, welcher diese Nervenfasers überhaupt zu erregen vermag, nur Empfindungen dieses besonderen Kreises hervorruft. Der verschiedene Bau der sensiblen Endorgane, der Sinneswerkzeuge, welche zweifelsohne das Wirksamwerden der verschiedenen Reizmittel: Druck, Licht, Schall, chemische Einwirkungen zweckmässig eingerichtet sind, sollte Alles erklären. Die Erfahrungen der chirurgischen Praxis und des physiologischen Experimentes widersprechen aber einer solchen einfachen Annahme direct.

Es zeigt sich, dass in allen Fällen die Reizung des Nervenstammes eine Empfindung aus dem gleichen Qualitätskreis hervorruft als die Reizung seiner Endorgane. Reizen wir einen sensiblen Nervenstamm, so erregt er eine Empfindung, als würden alle Endorgane gereizt, welche mit dem Stamm in Verbindung stehen. Reizung von Nervenzweigen beschränkt dem entsprechend den Erfolg auf die von den Nervenzweigen versorgten Organe. Täuschend sind die Erfahrungen der Chirurgen, dass auch dann noch, wenn die Empfindung in den äusseren Theilen durch Durchschneiden der Nerven oder durch einen anderen Wege vollkommen verschwunden ist, der Nervenstamm noch Empfindungen haben kann, welche von dem ehemaligen peripheren Verbreitungsbezirke desselben angeregt zu sein scheinen. Hierher gehören die Gefühle scheinbar an amputirten Gliedern, die Beobachtung, dass nach Transplantation des Stirnklappens bei der künstlichen Nasenbildung vor der Durchschneidung der Hautbrücke, welche die neue Nase mit der Stirn verbindet, die Berührung der Nase eine Empfindung erzeugt, welche in die Stirn, von der Haut derselben stammt, verlegt wird. Dieselbe Unabhängigkeit der von den Nerven vermittelten Empfindung von der Lage des empfindenden Endorgans zeigt sich auch, wenn wir, wie schon ARISTOTELES wusste, willkürlich die empfindenden Organe aus ihrer normalen Lage bringen, wenn wir z. B. Zeigel-

Mittelfinger derselben Hand kreuzweis über einander legen und zwischen nun sich zugewendeten Seiten der gekreuzten Finger, welche im normalen and die entgegengesetzten Seiten derselben sind, eine kleine Kugel hinherrollen; man glaubt dann zwei Kugeln zu spüren, da bei der normalen Lagerung nur zwei verschiedene Kugeln gleichzeitig die beiden betreffenden Fingerseiten berühren können.

Noch schlagender sind die Beobachtungen bei den Nerven der sogenannten reinen Sinnesorgane. Lassen wir gewisse verschiedene als Reizmittel bekannte Agentien auf die Sinnesorgane selbst einwirken, z. B. Electricität, so zeigen dieselben dafür empfänglich, aber jeder Sinnesnerv empfindet alle Reize einer specifischen Art. Der eine Nerv sieht davon Licht, der andere hört da einen Ton, der andere schmeckt die Electricität, dasselbe Agens, welches den anderen sensiblen Nerven als Schmerz oder Schlag empfunden wird. Mehrter Blutandrang erregt in dem einen Organe, durch Reizung seiner nervösen Apparate, ein leuchtendes Bild, in dem anderen Brausen, in noch anderen Juckreiz oder Schmerz.

Im Hinblick auf diese Erfahrungen erklärte man zunächst diese Verschiedenheit der Wirkung aus einer specifischen Energie der Nerven. dachte sich diese begründet in einer Verschiedenheit der Molekularbewegungen der Nerven selbst. Der Reiz sollte in jedem Nerven einen anderen, specifischen Zustand der Erregung herbeiführen. Die Entdeckungen von Bois-Rey-  
v's über die Erregungserscheinung an den Nerven, die sich bei allen über-  
stimmend als negative Stromschwankung zeigt und keine qualitativen Unter-  
schiede den specifischen Energien entsprechend erkennen lässt, scheint, auch  
in Übereinstimmung mit anderen Beobachtungen, die Annahme eines speci-  
fischen Reizzustandes der Nerven auszuschliessen.

Wir werden dadurch veranlasst, die specifischen Erfolge der Nervenerregung als bedingt anzusehen, nicht durch die Nerven und eine specifische Art der Erregung, sondern durch die nervösen Centralorgane, welchen die Erregung zugeleitet wird. Jedes der nervösen Centralorgane, welche durch die Nerven erregt werden, ist nur im Stande, eine bestimmte Empfindung — die einem bestimmten Bewegungszustande entspricht — zu vermitteln. Derselbe Reiz wird, wenn er verschiedene Centralorgane trifft, nach der specifischen Energie jedes einzelnen gedeutet.

Der eigentliche specifische Empfindungsvorgang, den wir bei unbefangener Betrachtung in die Sinnesapparate zu verlegen gewöhnt sind, findet also stets im Centralen statt. Das Auge wie alle anderen Sinnesorgane empfindet Nichts. Wenn wir schneiden wir den Optikus, so dass damit die Leitung zwischen Auge und dem empfindenden Centralorgane unterbrochen ist, so entstehen nach wie vor Bilder auf der Netzhaut, welche äusseren Gegenständen entsprechen, wodurch die letzten Endigungen des Sehnerven erregt werden, aber die Seele selbst empfindet Nichts, der Patient ist blind. Auch der Nerv selbst ist zur Empfindung unvernünftig. Schneiden wir einen sensiblen Nerven durch und quetschen wir galvanisiren sein peripherisches Ende, so wird dadurch keine Empfindung erregt. Es liegt also nicht in den Sinnesorganen, nicht in den etwaigen specifischen Erregungszuständen der Nerven der Grund, warum wir einmal die Nervenerregung Licht, das andermal sauer nennen, der Grund dafür liegt einzig

und allein in den reizpercipirenden Gehirnorganen selbst, zu denen die Verleitung geschieht. So rechtfertigt sich die oft gemachte Behauptung, wenn es gelänge, den Optikus und Akustikus zu durchschneiden und ihre gekreuzt zusammen zu heilen, wir bei einem Concerte Licht- und Feuererscheinungen, bei einem Feuerwerke Ton- oder Geräuschempfindungen bekommen würden.

Muss aus irgend einem Grunde ein krankhaftes Auge extirpirt werden, erregt der Schnitt durch den Sehnerven, wenn derselbe trotz der Augenoperation noch erregbar ist, eine blendende Feuererscheinung. Der Mensch ist noch nicht vollkommen blind. Er hat scheinbar an dem ausgeschnittene noch Lichtempfindungen, er glaubt noch mit ihm zu sehen; solche Patienten sehen Lichter, Feuerkreise, tanzende Gestalten. Dieser Zustand, der auf directen krankhaften Erregung des Sehnerven beruht, dauert so lang, bis dieser durch Nichtgebrauch degenerirt ist, wie dieses bei allen Organen lange Unthätigkeit eintritt. Auch dann ist aber ein solcher Mensch noch vollkommen blind. Solange sein inneres Gesichtorgan im Gedächtnisse dessen Erregungszustand von ihm bisher als durch äussere Lichterscheinungen hervorgerufen gedeutet wurde, noch erregbar ist durch directe Reize durch vermehrten Blutzufluss, erscheint einem solchen Blinden wenigstens im Traum die Welt hell und farbig, und nur der wache Tag ist in Schwärze gekleidet. Erst wenn die zerstörenden Einwirkungen des Nichtgebrauchs dieses innere Sinnesorgan zerstört haben, wird sein Leben ein vollkommen dunkles.

### Die Erziehung der Seele durch die Sinneseindrücke.

Die ganze Annahme der specifischen Energien hat auch in der eben vorgetragenen Darstellung noch etwas Gezwungenes. Wie sollen wir uns diese specifische Molekularbewegung den Ganglienzellen der Gehirnorgane vorstellen? Man hat gesagt, diese Verschiedenheiten lägen eben im verschiedenen Bau der Gehirnorgane begründet, von denen das eine so, das andere riecht aus demselben Grunde, warum ein Muskel zuckt, eine Drüse Flüssigkeit absondert, auf denselben Nervenreiz. Derartige Bauverschiedenheiten der Gehirnorgane lassen sich nun aber für jetzt, wie es scheint, noch nicht auffinden. So neigen sich doch Einige der Annahme zu, dass diese specifischen Energien der Hirnorgane das Resultat der wahren Erziehung von aussen her sind. Die Seele, die gewöhnt ist, vom Sehnerven die Lichteindrücke von der Aussenwelt her vermittelt zu erhalten, verlegt jeden von dort kommenden Reiz in den ihr aus anderen unterstützenden Sinneswahrnehmungen bekanntesten normalen Erregung: in das Auge oder vielmehr auch aus diesem heraus in die sichtbare Umgebung und nennt ihn Licht. Ebenso ist es vielleicht mit den übrigen centralen Sinnesorganen.

Möglicherweise existirt also die besprochene Fähigkeit der Gehirnorgane, auf specifische Reize specifische Vorstellungen zu erwecken, nicht von Anfang an. Man müsste dieselbe prüfen können, wenn man die erste selbstthätige Wirkung der Sinne vor ihrer Erziehung zum Object einer naturwissenschaftlichen Untersuchung machen könnte; bei niederen Thieren z. B. in den Augen der Blutelgel vermischen sich wirklich noch die Reize der beim Menschen getrennten Sinne in einem Sinnesorgan: Uebergangssinnesorgane (J. RAKKE).

Soviel steht fest, dass alle Sinneseindrücke, die ja nach dem Gesagten vorzüglich durch Veränderungen unserer Gehirnorgane beruhen, zu Anfang rein subjectiv sein müssen, und nur den zwei einfachsten Qualitäten: angenehm und unangenehm, entsprechen können.

schzt ein Kind bei dem Erblicken der Lampe ebenso wie bei dem Schalle einer Trompete, bei der Erregung einer ihm angenehmen Geschmacks- oder Gefühlsempfindung. Die Erziehung ist lang und peinlich, bis sich im Menschen das Bewusstsein des Gegensatzes von Subject und Object ausgebildet hat; bis er gewisse Alterationen seines eigensten Wesens, Zustände seines Nervensystemes als von äusseren Objecten erregt, als Objectives von anderen Alterationen ganz ähnlicher Art, von anderen Nervenzuständen als von dem Subjectiven zu trennen vermag. Ist aber die Erziehung vollendet, so gehört eine philosophische Betrachtung dazu, um zu verstehen, dass wir nicht den gesehenen oder gefühlten Gegenstand direct, sondern eine durch ihn gesetzte Veränderung unseres Körpers empfinden. Eine Reihe von Qualen, die nur subjectiver Natur sind, schreiben wir bei der gewöhnlichen Betrachtungsweise dem Object selbst zu. Wir nennen z. B. einen Körper gefärbt. Die Farbenunterschiede des Lichtes bestehen objectiv in einer bestimmten Geschwindigkeit der Aetherschwingungen, die auf das Auge treffen und seine Netzhaut erregen: ausser uns ist also Nichts farbig, man müsste die Annahme einer gefärbten Bewegung für nicht sinnlos halten. Allen unseren meist objectiv genannten Sinneswahrnehmungen kleben ähnliche Fehler aus Subjectivem entspringend an.

Es ist schon oben angedeutet worden, dass wir in Folge des Ineinandergreifens der verschiedenen Wahrnehmungen, die wir den verschiedenen Sinnesorganen verdanken, von dem Orte der Reizeinwirkung, die unsere verschiedenen Gehirnnorgane erregen, uns eine Vorstellung machen können. Diese Vorstellung über den Ort der Erregung ist unter normalen Verhältnissen auffallend genau. Mit überraschender Schärfe sind wir im Stande, den Ort der Erregung an unserer Körperoberfläche zu bestimmen. Bei dem Auge ist diese Lokalkenntniss besonders weit auffallender. Die Psyche hat stets im wachen Zustande eine Empfindung des jeweiligen Erregungszustandes aller ihrer sensiblen Nerven, wie von der Lage aller Endorgane derselben, welche die normale Erregung vermitteln. Ausnahmen davon, wie sie durch Transplantation von Hautlappen oder die Kreuzung der Finger gesetzt werden, dienen nur dazu, diesen Satz noch mehr zu bestätigen. Diese Ortskenntniss ist ebenso ein Resultat der Erziehung der Seele, wie ihre anderen besprochenen Fähigkeiten. Es ist möglich, bei jenen Transplantationen des Stirnlappens nach und nach das Gefühl so zu modificiren, dass die neue Nase nun nicht mehr an der alten Stelle, sondern an ihrer neuen Stelle empfunden wird. Bei dem Auge u. a. a. O. treffen wir noch schlagendere Beweise für diesen Satz.

### Nicht jede Empfindung kommt zum Bewusstsein.

Unter normalen Umständen scheint nur ein Reiz gleichzeitig zur Perception kommen zu können. Die scheinbare Gleichzeitigkeit verschiedener Empfindungen rührt wohl nur von einem raschen Wechsel der Erregung der verschiedenen Organe her. Es können Erregungsvorgänge in unseren nervösen Centralorganen stattfinden, ohne dass wir eine Notiz davon nehmen. Damit die Erregung eine wirkliche Empfindung auslöse, müssen wir unsere Aufmerksamkeit auf die stattfindende Erregung lenken. Es kann das willkürlich geschehen, meist jedoch erfolgt es unwillkürlich; ein starker Reiz erzwingt Aufmerksamkeit.

So steht also die Empfindung bis zu einem gewissen Grade unter der Gewalt des Willens. Durch einen heftigen Schmerz oder auch schon dadurch, dass wir unsere Gedanken auf einen bestimmten Gegenstand concentriren, werden wir gefühllos für die gleichzeitig auf uns einwirkenden schwächeren sensiblen Reize. Aus allen Kriegsspitälern werden Fälle erzählt, dass Verwundete Verletzungen an sich auch sehr schmerzhafter Art nicht bemerkt hatten, über eine andere grössere Wunde. In der Aufregung des Gefechtes oder des plötzlichen

Schreckens kommt es vor, dass Verletzungen gar nicht wahrgenommen werden. Das heroische Ertragen von Schmerz beruht, wie die allzugrosse Empfindlichkeit für Schmerzen, auf grösserer oder geringerer Fähigkeit, der Aufmerksamkeit willkürlich eine bestimmte von dem Schmerz abgewendete Richtung geben. Wir werden in der Folge im Gehirn ein Hemmungsorgan kennen lernen, welches in Folge seiner Erregung durch den Willen gewisse auf sensible Reize sonst regelmässig eintretende Bewegungen: Reflexbewegungen, zu hemmen vermag. Es scheint nöthig zu sein, ein analoges Hemmungscentrum für den Zustandekommen der Empfindung anzunehmen, das auch willkürlich in Erregungszustand versetzt werden kann.

## I. Der Tastsinn.

### Tastorgane und ihre Erregung.

Die grösste Anzahl der empfindenden Nerven endigt in der Haut.

Es sind zwei wesentlich ihrer Qualität nach gesonderte Empfindungsarten, welche zwei verschiedenen specifischen Energien des Gehirnes entsprechen, die wir durch die Haut vermittelt sehen:

#### Druckempfindung und Temperaturempfindung.

Allen sensiblen Nerven gehört gleichmässig die Wollust- und Schmerzempfindung an. Die erstere wird bei den beiden eben genannten Empfindungsarten durch schwächere, intermittirend einwirkende Reize hervorgerufen, der Schmerz entsteht durch andauernde schwächere oder durch momentane auch intermittirende starke Erregung. Je nach der specifischen Energie der sensiblen Nerven ist das durch ihn vermittelte Lust- und Schmerzgefühl ein specifisches.

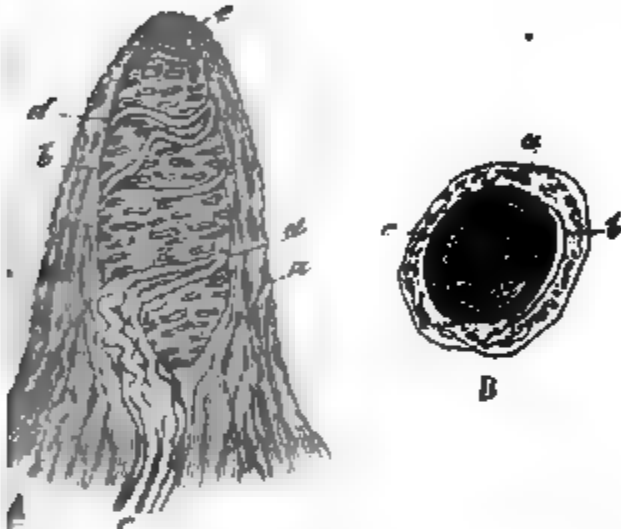
Die Erregung der für Druckempfindungen vermittelst ihrer Endorgane leichtesten anzusprechenden Nerven durch andere als taktile Reize ruft stets Druckempfindungen analoge Gefühle hervor. Die betreffende Nervengattung kann ausser durch Druck auch noch durch Electricität, vielleicht auch durch chemische Agentien erregt werden. Die dadurch erzeugten Gefühle sind von denen des Kitzels, der normal aus rasch sich folgenden Druckschwankungen entsteht, nicht verschieden. Auch chemische Reize bringen mitunter ein derartiges Kitzelgefühl hervor, das von dem durch den normalen Reiz erzeugten nicht unterschieden werden kann.

Die Empfindungsorgane, welche die Berührung der Hautstellen in einen Nervenreiz umwandeln, sind nach den neueren Angaben (A. v. Mojsisovics u. a.) theils einfache Anschwellungen der feinsten zwischen den Epithelialzellen verlaufenden Nervenfasern (cf. Tasthaare), theils grössere, aus Nervenfasern und accessorischem Gewebe gebildete, mehr oder weniger kugelige Gebilde, Sinnorgane, dem Wesen nach wohl alle gleich gebaut, obwohl sie sich durch Grösse und Gestalt nicht unbeträchtlich von einander unterscheiden. Es gehören bisher die PACINI'schen Körperchen, welche unter der Haut im subcutanen Bindegewebe eingebettet liegen, besonders unter der Haut der Hohlhand an.



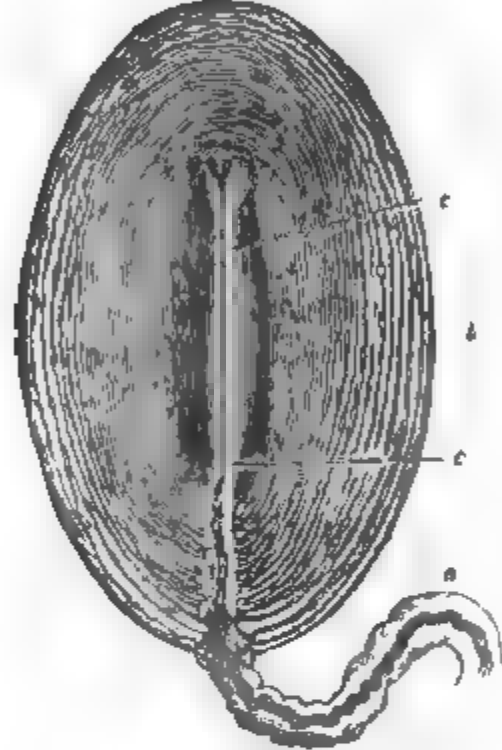
Fusssohle, sonst aber auch noch vielfältig besonders an den Gelenknerven, Mesenterium der Katze etc. gefunden werden. Diese Körperchen haben eine mikroskopische Grösse von 4—4 mm. (Fig. 190.) Ihnen gewissermassen ähnelnd, aber von mikroskopischer Kleinheit finden sich in den Papillen der Cutis eingelagert; von den Papillen enthalten einige nur Gefässschlingen, andere die **MUSSEN'Schen** Tastkörperchen. Am häufigsten finden sich die letzteren in Haut der Finger und Zehen, sowie in Hohlhand und Fusssohle, ihre Häufigkeit auf gleichgrossen Hautflächen verschiedener Körperstellen ordnet sich in gleiche Reihe, welche wir unten für die Empfindlichkeit der verschiedenen Stellen kennen lernen werden. Besonders in Schleimhäuten fand **W. KRAUSE**

Fig. 189.



gegenansicht einer Papille der Haut, *a* Rindenschicht derselben mit Saftzellen und feinen elastischen Fasern, *b* Tastkörperchen mit seinen queren Kernen. *c* ein Nervestämmchen mit kernhaltigem Nervenfortsatz, *d* Nervenfaser, die das Körperchen umspinnen. *e* feingranulirte Substanz desselben. Vom Menschen. 350mal vergr. Mit Essigsäure.

Fig. 190.



Pacini'sches Körperchen aus dem Gekröse der Katze. *a* Nerv mit Perineurium, den Stiel bildend; *b* die Kapselsysteme; *c* der Axencanal oder Innenkolben, in dem getheilt die Nervenröhre endigt.

der Submucosa analoge Gebilde, die er Nervenendkolben nennt. Der Forscher constatirte, dass in der Synovialmembran der menschlichen Fingergelenke die sensiblen Nervenfaser mit rundlich ovalen »Gelenknervenkörperchen« endigen, von denen die grössten eben noch mit freiem Auge sichtbar sind (0,45—0,25 mm lang und 0,09—0,15 mm breit). Sie sind meist etwas abgeplattet, bestehen aus einer längsstreifigen Bindegewebshülle, die Kerne resp. endothelähnliche glatte Zellen enthält. Im Innern zeigen sich eine Anzahl markloser verästelter Terminalfasern eingelagert in eine feingranuläre kernreiche Substanz. Es sind das Zwischenglieder zwischen Pacini'schen und Musson'schen Körperchen, mehr den ersteren sich zuneigend.

Die Nervenendkolben sind kleine ovale oder kugelige Bläschen, die eine Bindegewebige Hülle und einen homogenen Inhalt erkennen lassen. In die Hülle sind Kerne eingelagert; in das Innere des Bläschens tritt eine Nervenfaser ein und endet dort zugespitzt. Die Tastkörperchen, welche **E. GEBER** auch in der

Schleimhaut der Menschenzunge auffand, sind ebenfalls Bläschen von ovaler Gestalt, mit dem Längendurchmesser senkrecht auf der Cutis aufstehend. Man findet auf Durchschnitten an ihnen eine wohl ebenfalls bindegewebige, wie es sich an der geschichteten Hülle unterscheiden, die sich grob quergestreift durch quere Kerne von Bindegewebszellen (KÖLLIKER, GERLACH), hier und da etwas grober zeigt (Fig. 489). In das Innere tritt eine markhaltige Nervenfasern ein, die nach MEISSNER und LANGERHANS mit »Endknospen«, Endanschwellungen endet. Das makroskopische PACINI'sche Körperchen (Fig. 490) zeigt eine ovale Gestalt. In ziemlicher Zahl umgeben Bindegewebschichten einen mit homogener Substanz gefüllten Hohlraum, in welchen eine Nervenfasern eintritt, um dort entweder in einem Knöpfchen oder in einige kurze Endzweige gespalten zu endigen. Das Neurilemma zeigt sich schon vor dem Eintritt des Nerven geschichtet. Die Verbreitung des Nerven scheint nur von dem Axencylinder herzuführen. GÖTTSCHE fand eine sehr deutliche faserige Structur des Axencylinders, ebenso des Knöpfchens, das aus feinkörniger Substanz besteht, gegen welche die dichten, aus einander laufenden Endfibrillen sich deutlich absetzen.

JOBERT fand MEISSNER'sche Tastkörperchen bei den anthropoiden Affen und Papillen der Fingerspitzen des Waschbärs. DITLEVSEN gibt an, dass bei Fröschen die Nerven bis in die Oberhautzellen eindringen, wo sie mit Terminalzellen endigen, den nervenlosen Oberhautzellen vollkommen weichen, er stützt sich dabei auf die Endigung von Tastzellen durch F. MERKEL. Die am Schnabel der Ente von LEYDIG entdeckten Tastkörperchen besitzen nach L. RANVIER ein platten- oder münzenförmig verbreitertes Nervenendorgan, das von Zellen vollkommen umhüllt.

**Tasthaare.** — Mit Anderen haben J. SCHOEBEL, JOBERT, BOLL u. a. die Tasthaare bei Menschen untersucht, sie stehen bekanntlich vorzugsweise an der Schnauze, aber auch an der Flughaut der Fledermäuse, am äusseren Ohr der Mäuse, an der Igel, am Schwanz der Mäuse, Spitzmäuse und Ratten, an der Hufeisennase der Fledermäuse, am oberen Augenlid des Menschen stehen ebenfalls solche Gebilde z. Th. von äusserer Kleinheit. Nach M. J. DIETL finden sich beim Wiesel und Eichhörnchen an der Strecksehne des Ellbogens regelmässig 3 ausgebildete Tasthaare. Ueber die Endigung der Nerven an den Tasthaaren stimmen die Autoren noch nicht überein. Nach JOBERT treten die Nerven in die Haarfollikeln in Verbindung an einem bestimmten, unterhalb der Talgdrüsen gelegenen Punkt. Die nackten, aus der Theilung der Primitivfasern büschelweise hervorgehenden Axonen endigen frei mit kleinen Anschwellungen. Nach REDTEL endigen die Nerven im Bindegewebe mit blassen birnförmigen Endkolben, welche der Wurzelscheide von aussen dicht anliegen und die obere Hälfte des Follikelhalses umgeben. Bei Mäusen beschreibt JOBERT die Tasthaare als spitz, starr, an der Basis verschmälert, im Schaft verdickt, spindelförmig, die Marksubstanz auf die unteren zwei Drittel des Haares beschränkt. Nach SCHOEBEL endigen die Tasthaare statt der Haarzwiebel und Wurzelscheibe der sonstigen Haare einen Wurzelkörper. (BOEKER's Angaben cf. oben bei Haare.) PALADINO und LANZILOTTI-BONSAIGNI untersuchten die Bewegungen der Tasthaare und den Nerveneinfluss auf dieselbe. Reizung des Vagus und Trigemini brachten beim Pferd Bewegung der Tasthaare hervor, die erstere durch directe Reizung der zu diesen Tasthaaren gehenden quergestreiften Muskelfasern, die letztere durch Veränderung des Turgors des das Haar umgebenden cavernösen Gewebes.

Es ist keine Frage, dass die mehr oder weniger bläschenförmigen Tastorgane für die Druckempfindung günstig gebaut sind. KRAUSE hat versucht experimentell nachzuweisen, dass eine verhältnissmässig kleine Veränderung des Lumens mit geschichteten Membranen umhüllter Bläschen — Tastkörperchen — schon eine nicht unbedeutende Druckschwankung in ihrem Inhalte hervorrufen müsse, welche wohl geeignet erscheint, als mechanischer Reiz den eingeschlossenen Nerven zu dienen. Er stellte diesen Organen ähnliche Gebilde an

Wasser gefüllten Darmstücken dar und dehnte sie in der Längenrichtung aus. Er sah, dass sie dabei ihr Lumen verkleinerten und damit einen Druck auf ihren Inhalt ausübten. Um diese Verkleinerung des Lumens zu ermöglichen, muss die Elasticität der Wandung nach einer Richtung geringer sein als nach der andern, wie dies bei den Darmstücken der Fall ist, und wie es KRAUSE für die fraglichen Organe voraussetzt.

Gestaltsveränderungen der Tastorgane können entweder durch von aussen wirkenden Druck oder Zug, oder durch Zusammendrücken der Organe durch in der Haut gelegene Ursachen hervorgerufen werden. Dadurch kann electricische Reizung, welche in der Cutis gelegene Organe: Blutgefässe, organische Muskeln etc. contrahirt oder erweitert und somit die Druckverhältnisse in den Papillen mannigfach umgestaltet, die Tastnerven erregen. Chemische Reize der Haut bringen durch Diffusion, Anschwellen der Epidermiszellen, stärkere Füllung der Blutgefässe ebenfalls derartige Druckschwankungen hervor, so dass die letzte Ursache des Reizes der Tastnerven stets die gleiche sein kann, wofür auch die erwähnte überraschende Gleichheit der Empfindung spricht. Wirken Electricität oder chemische Reize sehr stark ein, bekommen wir keine den Tastempfindungen (Kitzel) analoge Gefühle, sondern Schmerz, den wir aber auch durch intensiven mechanischen Reiz erzeugen können. Nach der Ansicht von HANNES MÜLLER wird das Schmerzgefühl der Haut durch die Tastnerven vermittelt. Es sind Fälle bekannt, in denen durch krankhafte Ursachen, wie bei VIEUSSEN's Selbstbeobachtungen, das Schmerzgefühl, nicht aber das Tastgefühl aufgehoben war. Ebenfalls durch Selbstbeobachtung kann ich die weitere Angabe bestätigen, dass ein analoger Zustand auch bei Chloroform- oder Aethernarkose eintreten kann. Die Schmerzempfindung fehlt, während man doch noch Empfindungen von schwächeren Reizen hat: Tastempfindungen, Gehörsempfindungen etc. Die Reize werden sonach in diesem Zustande nach dem Gehirn zu geleitet, erreichen hier aber nicht die Intensität, um Schmerzempfindung zu veranlassen. Die Annahme besonderer »Schmerznerve« ist unnöthig. Auch die Stämme sensibler oder gemischter Nerven sind durch Druck und pathologische Einflüsse schmerzhaft erregbar.

### Die Empfindlichkeit der Haut.

E. H. WEBER prüfte die absolute Empfindlichkeit der Haut gegen Druckschwankungen. Er belastete eine Hautstelle mit zwei verschiedenen Gewichten nach einander und fand dadurch den kleinsten Unterschied in den Gewichten, den man noch zu unterscheiden vermag, für die einzelnen Hauptpartien fast unwesentlich verschieden. Dieser Nachweis kann auch durch andere Methoden (GOLTZ u. A.) geführt werden, es gelingt, eine Scala der absoluten Empfindlichkeit der verschiedenen Hautstellen des Menschen zu entwerfen (cfr. unten).

Als wichtigste Function des Tastsinns erscheint die Hülfe, welche er uns zur Beurtheilung der Gestalt der Körper gewährt, die mit der Haut in Berührung kommen. Wir sind im Stande, uns ein Urtheil über die Gestalt der Körper zu verschaffen durch einfache Berührung, besser noch, wenn wir über die Körperoberflächen mit verschiedenen Hautstellen hingleiten. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass zu diesem Zwecke nicht alle Hautstellen gleich geschickt sind, bei weitem am ausgebildetsten zeigt sich der Tastsinn nach der gewöhnlichen Beobachtung in den Fingerspitzen und der Handfläche. Es stimmt das mit dem Resultate der mikroskopischen Untersuchung zusammen, welche die Tastorgane, HENLE'sche Tastkörperchen, an den genannten Stellen in relativ grösster Anzahl aufgefunden hat. Die Gestalt der uns berührenden Körper beurtheilen wir nach dem verschieden starken, an verschiedenen Orten der Hautfläche einwir-

kenden Druck. Rasche Abwechselung von Druck und Druckruhe bei den tasten der Körper deuten wir als eine gekerbte oder sonst rauhe Oberfläche, eine glatte Oberfläche, über welche wir mit den Tastorganen hingleiten, lässt ein andauernd gleichmässiges Druckgefühl. Gewisse Veränderungen der Berührungsfläche des belasteten Körpers und unserer Haut während der leichten Drücken verbundenen Berührung deuten wir als durch Flüssigkeiten oder durch mehr oder weniger weiche Substanzen hervorgerufen. Manche Veränderungen spricht für harte Körper. Die räumliche Ausdehnung der Körper messen wir mittelst des Tastsinnes entweder dadurch, dass wir sie umgreifen suchen, oder über die ganze Ausdehnung ihrer Flächen mit unseren Tastorganen hingleiten, manchmal auch indem wir sie gleichzeitig mit verschiedenen Hautstellen, z. B. mit zwei Händen belasten. Auf die nähere Erörterung des letzteren Vorganges können wir erst später eingehen, er setzt voraus, dass wir eine beständige genaue Vorstellung von der relativen Lage unserer Körperteile zu einander besitzen, welche wohl hauptsächlich durch das Druckgefühl vermittelt wird (S. 794 und unten).

Zu den übrigen eben genannten Wahrnehmungen ist eine genaue Ortskenntniss der Psyche auf der Oberfläche ihres Körpers erforderlich. Wir sind im Stande, mit überraschender Genauigkeit den Ort einer stattgehabten Berührung an der Hautoberfläche anzugeben. E. H. WEBER hat darüber messende Versuche angestellt. Er setzte einen Zirkel mit abgestumpften Spitzen auf die Haut, bei geschlossenen Augen und bestimmte für die verschiedenen Hautstellen den Abstand, den beide Zirkelspitzen von einander haben dürfen, um bei gleichzeitigem Anlegen an die Haut eben zwei gesonderte Empfindungen zu geben. Die Resultate dieser Untersuchung sind für verschiedene Hautstellen sehr verschieden. Man kommt bei Anstellung dieser Versuche zu folgender Tabelle von WEBER, welche in den absoluten Grössen bei verschiedenen Menschen sehr verschieden ausfallen, deren relative Werthe sich jedoch stets wiederholen. Die Grösse des Gefühls an den verschiedenen Hautstellen ist in der Tabelle nach dem Abstand der Zirkelspitzen angegeben, welcher nöthig ist, um zwei verschiedene Empfindungen hervorzurufen.

Zungenspitze	1
Volarfläche des dritten Fingerghedes	2
rothe Oberfläche der Lippen und Volarfläche des zweiten Fingerghedes	4
Dorsalfläche des dritten Fingerghedes, Nasenspitze und Volarfläche über den Capitula oss. metacarpi	8 2
Zungenrücken 1" von der Spitze, nicht rother Theil der Lippen Rand der Zunge 1" von der Spitze, Mittelhand des Daumens	9
Spitze der grossen Zehen, Dorsalfläche des zweiten Fingerghedes Volarfläche der Hand, Wangenhaut, äussere Oberfläche der Augenlider	11
Schleimhaut des harten Gaumens	12
Haut über dem vorderen Theile des Jochbeines, Plantarfläche des Mittelfusses der grossen Zehen, Dorsalfläche des ersten Fingerghedes	15
Dorsalfläche über den Capitula oss. metacarpi	17
Schleimhaut am Zahnfleisch	20
Haut hinten über dem Jochbein unterer Theil der Stirn	22
unterer Theil des Hinterhauptes	24
Handrücken	25



Hals unter dem Unterkiefer, Scheitel . . . . .	30,5 mm	
an der Kniescheibe . . . . .	35	-
Haut über dem Heiligenbein, am Acromion, Gesäss, Vorderarm, Unter-		
schenkel beim Knie und Fuss, Fussrücken bei den Zehen . . . .	39	-
auf dem Brustbein . . . . .	44	-
am Rückgrat bei den fünf oberen Rückenwirbeln, beim Hinterhaupt,		
in der Lendengegend . . . . .	52	-
an der Mitte des Halses, des Rückens, in der Mitte des Arms und des		
Schenkels . . . . .	65,5	-

Die oben erwähnte Scala für die absolute Empfindlichkeit ist der hier gegebenen ganz ähnlich mit der einzigen Ausnahme, dass die Zungenspitze hier nicht die erste Stelle in der Empfindlichkeit einnimmt.

### Das Vermögen, die Empfindungen zu lokalisieren, Raumsinn.

Die geringste Entfernung, welche an verschiedenen Hautstellen gesondert empfunden wird, ist an einigen Hautstellen, z. B. an den Extremitäten, in der Querrichtung kleiner als in der Längsrichtung. Man kann bei derartigen Versuchen von einem Centrum aus nach der Peripherie die zweite Zirkelspitze ansetzen und kann auf diese Weise die Hautstellen umkreisen, welche bei der doppelten Berührung noch eine einfache Empfindung geben; man kommt dabei meist zu einer kreisförmigen Gestalt der Hautstellen, so dass man von »Empfindungskreisen« sprechen kann. Diese Empfindungskreise sind aber an den Extremitäten nach dem oben Gesagten nicht rund, sondern oval, der grössere Durchmesser liegt in der Längsrichtung der Glieder (cf. unten).

Die Grösse der Empfindungskreise ist nicht etwas absolut Feststehendes. Bei grösserer Uebung und Aufmerksamkeit können sie verkleinert werden, so dass sie im Allgemeinen bei Blinden von geringerem Umfang gefunden werden, als bei Sehenden. Setzt man die Zirkelspitzen nicht gleichzeitig, sondern nach einander auf, so findet man die Empfindungskreise etwas kleiner (CZERMAK). Als Mittelpunkt des Empfindungskreises ist der berührte Punkt zu betrachten. Es ist selbstverständlich, dass sich um jeden ganz beliebig berührten Punkt ein derartiger Empfindungskreis ziehen lässt, so dass man nicht in den Irrthum verfallen darf, als wäre die ganze Hautoberfläche in fixe, neben einander liegende derartige Felder von verschiedener Grösse eingetheilt.

Schreiben wir wie oben der Psyche eine fortwährende Vorstellung von dem Erregungszustande aller ihrer Nervenendigungen in der Haut und deren relativer Lage zu einander zu (§. 786), so verstehen wir, wie mit Hülfe dieser Vorstellung Tastempfindungen gesondert wahrgenommen werden können. Zwei sehr nahe neben einander liegende Endigungen von Fasern der Tastnerven bringen durch das Centralorgan zwar gesonderte und verschiedene Empfindungen hervor, es ist zwar jede mit einem besonderen Lokalzeichen versehen, aber diese Unterschiede sind so gering, dass sie nicht von einander getrennt werden können. Von einem weiter abgelegenen Nervenendorgane ist dagegen die hervorgerufene Empfindung schon so stark verschieden, dass sie, auch ohne gesteigerte Empfindungsübung, als eine andere aufgefasst werden kann. Die Empfindungskreise haben somit keine feststehende anatomische Basis, sie können mit der Uebung veränderlich sein; wenn wir uns gewöhnen, auch auf kleinere Unterschiede in der Empfindung noch zu achten, können wir auch von zwei sich näher liegenden Endorganen noch die Empfindung gesondert auffassen. Alle Uebung kann jedoch selbstverständlich den relativen Mangel an Sinneswerkzeugen in den unempfindlicheren Hautstellen nicht ausgleichen, so dass die dadurch hervorgerufenen Unterschiede der Empfindlichkeit an den verschiedenen Stellen unserer Körperoberfläche niemals verschwinden können.

Man hat, insofern die Psyche ein Bewusstsein von dem Zustand und der Lage der einzelnen Empfindungsorgane der Haut besitzt, die Oberfläche des Körpers (analog dem »Gesichtsfeld«)



»Tastfeld« genannt. Die Lokalkenntniss der Psyche auf ihrem Tastfelde ist etwas Erlerntes. So genau sie sich bei Erwachsenen zeigt, so haben doch Kinder dieses Lokalisirungsvermögen für Empfindungen auf ihrer Hautoberfläche nur in sehr unvollkommenem Grade, sie vermögen den Sitz ihrer von der Haut ausgehenden Empfindungen und Schmerzen nur sehr wenig genau anzugeben. Die angeführte Beobachtung bei Verlagerung von Hautstellen, in welchen sich nach längerer Zeit das Ortsgefühl den neuen Verhältnissen anpasst, ist ebenso ein Beweis für die gemachte Behauptung. Trotz des geringeren Ortssinnes will man bei Kindern die Empfindungskreise kleiner gefunden haben als bei Erwachsenen, was sich aus der gleichen Anzahl auf einen geringeren Raum, der kleineren Körperoberfläche entsprechend, zusammengedrängter Endorgane erklären lassen würde. Nach KRAUSE soll der Abstand der Zirkelspitzen, deren Berührung eben gesondert empfunden wird, im Mittel etwa 12 Tastkörperchen umfassen, so dass also erst die von dem ersten und dreizehnten vermittelten Empfindungen gesondert aufgefasst werden können. Nach dieser Angabe wäre die anatomische Grundlage der zwölffachen Verfeinerung unserer Ortsempfindung vorhanden, ein Ausbildungsgrad, welcher bei der Haut jedoch an keiner Stelle erlangt wird, während er von den empfindenden Endorganen des Auges in Wahrheit erreicht zu werden scheint.

Nach VIERORDT steht die Feinheit des Raumsinnes einer Hautstelle in Beziehung zur Beweglichkeit des betreffenden Körpertheils. KOTTENKAMP und ULRICH haben für die obere, PASTOR für die untere Extremität mit dieser Annahme übereinstimmende Experimentalergebnisse bekommen. Die Haut über den Gelenken zeigte eine relativ grosse Empfindlichkeit.

Eigentliche Tastempfindungen können in dem sensiblen Nerven nur von den Endorganen aus erregt werden. Reizen wir die Stämme, so haben wir zwar eine Empfindung, die wir betreffenden Falles in den Ausbreitungsbezirk des Nerven verlegen, es sind das aber keine Tast-, sondern meist Schmerzempfindungen.

## II. Der Temperatursinn.

Die zweite Art der von der Haut vermittelten Empfindungen ist die Temperaturempfindung; sie ist von der Tastempfindung specifisch verschieden, so dass sie wahrscheinlich durch andere Nervenendorgane, vielleicht durch die neuerdings von LANGERHANS beobachteten, an die Endorgane der höheren Sinnesnerven erinnernden Nervenendigungen zwischen den Epidermiszellen vermittelt wird. Für die Sonderung des Temperatursinnes von den anderen Gefühlsempfindungen der Haut sprechen ältere und neuere Beobachtungen. NORMANDEL sah bei einer Empfindungslähmung im Bereiche des Nervus ulnaris (durch Stoss an den Ellbogen) alle Qualitäten des Tastsinnes abgestumpft, während der Temperatursinn keine Unterschiede auf der kranken und gesunden Seite erkennen liess. BRÜCKE beobachtete, dass durch Temperaturreize unter Umständen andere Reflexe ausgelöst werden, als durch tactile Reize.

Die Empfindungen der Wärme und Kälte gehen bei ihrer Steigerung zuerst in Hitze- und Frostgefühl über, äusserste Kälte und Hitze wird gleichmässig als schmerzhaftes Brennen empfunden. Die Temperaturnerven können auch durch Electricität und chemische Einflüsse erregt werden. Der brennende Schmerz an der Haut durch die genannten Agentien ist kaum von dem durch Hitze hervorgerufenen zu unterscheiden. Das Wärme- und Kältegefühl wird hervorgerufen durch Abkühlung und Erwärmung der Haut. Es tritt unter der Einwirkung kalter oder warmer Körper auf die Haut ausser der directen Veränderung ihrer Eigenwärme noch eine secundäre unterstützende Erscheinung auf. Unter

Einfluss der Kälte contrahiren sich (wie alle Arterien) die arteriellen Gefäße der Haut, durch Wärme erweitern sie sich; dadurch wird der Blutzufluss zur Haut entweder gesteigert oder verringert, und Erwärmung oder stärkere Abkühlung mittelst der stärker oder geringer fließenden Wärmequelle hervorgerufen. Contraction der Hautarterien im Fieberfrost ruft Kältegefühl hervor, obwohl die Gesamttemperatur des Körpers dabei eine abnorm gesteigerte ist.

Die Empfindlichkeit der Temperaturnerven für Temperaturschwankungen ist an den verschiedenen Körperstellen ähnlich verschieden wie das Tastvermögen. E. H. WEBER suchte den kleinsten Unterschied auf in der Temperatur zweier die Haut berührender Körper, welcher noch wahrgenommen werden konnte; er kam dadurch zu einer Scala der Empfindlichkeit der Hauttheile, welche mit der Zungenspitze beginnt, wie die oben gegebene, und mit dem Rumpfe endigt; nur die Extremitäten ordnen sich nicht regelmässig ein. Die Temperaturunterschiede, welche noch als different wahrgenommen werden können, liegen zwischen  $+40$  und  $+47^{\circ}\text{C}$ . Höhere oder niedrigere Wärmegrade werden nicht mehr genau geschätzt; je weiter sie sich von den angegebenen Grenzwerten entfernen, desto weniger gelingt eine Schätzung. Endlich macht der bei Berührung sehr heisser oder sehr kalter Objecte auftretende intensive Schmerz eine Unterscheidung vollkommen unmöglich. Nach NORNAGEL liegt das feinste Unterscheidungsvermögen für Temperaturunterschiede zwischen  $27^{\circ}$  bis  $33^{\circ}\text{C}$ .; zwischen  $33^{\circ}$  bis  $44^{\circ}$  aufwärts und von  $27^{\circ}$  bis  $44^{\circ}$  abwärts sinkt die Feinheit der Temperaturempfindung nur langsam, während sie von  $39^{\circ}$  bis  $49^{\circ}$  aufwärts und von  $44^{\circ}$  bis  $27^{\circ}$  abwärts ziemlich schnell unsicher wird. Längere Zeit hindurch auf die Haut einwirkende Wärme oder Kälte beeinträchtigen die Feinheit des Temperatursinnes. Die Epidermis entblösste Haut reagirt auf Temperaturschwankungen lebhafter als die unversehrte.

Unsere Annahme, dass die Veränderung der Blutzufuhr zur Haut und damit zu Endigungen der Temperaturnerven der normale Reiz für diese Organe sei, erklärt, wie mechanische und chemische Reizung der Haut, welche die Blutzufuhr zu ihr verändern, scheinbar Temperaturempfindungen hervorzubringen vermögen. Auch zur Hervorrufung der Temperaturempfindung ist die Erregung der Endorgane unumgänglich nöthig. Reizen wir die Nervenstämme, in denen Temperaturnerven verlaufen, direct durch Kälte, so bekommen wir nur einen Schmerz-, aber keine Temperaturempfindung. Am Ellenbogen liegt der Nervus ulnaris so nahe unter der Haut, dass er durch Eintauchen des Ellenbogens in eine Kälteflüssigkeit leicht erregt werden kann. Man spürt dann, wie E. H. WEBER zeigte, einen heftigen Schmerz, den wir nach den Principien der Sinnesphysiologie nicht in die gereizte Nervenbahn, sondern in ihre Endorgane in den Fingerspitzen verlegen. Dieser Schmerz, der sich in nichts mit einer Temperaturempfindung vergleichen lässt, ist so stark, dass er das lokale Kältegefühl an der eingetauchten Hautstelle am Ellenbogen, das anfänglich vorhanden ist, ganz überdecken kann.

Je rascher die Wärmeabgabe eines Stoffes ist, desto wärmer oder kälter erscheint er, da seine Einwirkung auf die Haut seinem Wärmeleitungsvermögen entsprechend intensiver oder weniger intensiv in der Zeiteinheit ist. Metall oder Stein scheint demnach bei gleicher Temperatur kälter oder wärmer als Holz.

Die oft gemachte Behauptung, dass der Haut das Vermögen zur Schätzung der absoluten Temperatur abgehe, ist bis zu einem gewissen Grade unrichtig. Jeder Badediener, der die absolute Temperatur seines Bades bis zu 4 oder sogar  $0,5^{\circ}$  genau anzugeben vermag, oder seinen gekrümmten Ellenbogen in das Wasser hineinsenkt, führt den Gegenbeweis. Das absolute Thermometer, das hierbei verwendet wird, ist die konstante Eigen-tempe-

ratur des gesunden Menschen, wie sie sich in den vor Wärmeabgabe möglichst geschützten Körperstellen findet. Eine solche Stelle mit konstanter Temperatur ist nicht nur die Achselhöhle, sondern auch die Ellenbogenbeuge. Wenn wir, wie es bei der Temperaturmessung des Bades geschieht, den Arm im Gelenke beugen, so setzen wir dort die Wärmeabgabe dadurch so weit herab, dass diese Stelle annähernd die Normaltemperatur des Körpers erlangt. Es bedarf jedoch nach dieser Richtung für die absolute Schätzung ebenso gut einer fortgesetzten Erziehung der Sinnesorgane wie nach anderen. Dieses absolute Wärmeschätzungsvermögen schwankt in den gleichen Grenzen wie das oben besprochene relative aus dem gleichen Grunde. Da das hier gebrauchte Thermometer die normale Eigentemperatur der Haut ist, so ist es einleuchtend, dass das Schätzungsvermögen nach den Schwankungen der Eigentemperatur sich modificiren müsse. Die vollkommen abnormen Zustände im Fieberfrost, in welchem die Hauttemperatur gegen die normale erhöht gefunden wird, können die Behauptung des absoluten Schätzungsvermögens nicht entkräften.

CZERMAK versuchte die Gefühlskreise für Tastempfindungen bei gleichzeitigen Temperaturempfindungen zu bestimmen. Es zeigt sich, dass bei dem Zirkelversuche die Spitzen näher an einander gebracht werden können und doch noch gesondert empfunden werden, wenn die beiden Spitzen verschiedene Temperaturen haben; wenn sich also mit der Tastempfindung Temperaturempfindung verbindet. Es summiren sich beide Reize: der Druck- und Temperaturreiz zu einer verstärkten (doppelten) Erregung des Centralorganes von der getroffenen Stelle aus, so dass zwei an sich qualitativ sehr ähnliche Druckempfindungen durch die Hinzufügung der Temperaturempfindung zu der einen hinreichlich verschieden werden, um gesondert auffassbar zu sein. Aus einem ähnlichen Grunde erklärt es sich, warum man die Empfindungskreise kleiner bekommt, wenn die eine der aufgesetzten Zirkelspitzen stumpf, die andere spitz ist. Nach den Druckversuchen WEBER's mit verschieden temperirten Gewichten erscheint ein kälteres Gewicht schwerer als ein wärmeres, weil sich wie in den Versuchen CZERMAK's mit dem Druckreiz an der einen Stelle noch der Kältereiz zu einer gesteigerten Empfindung verbindet.

In den letzterwähnten Fällen wurde die leichtere Differenzirung zweier Reizempfindungen vermittelt durch eine doppelte Reizung an einer Stelle, wodurch ein Summeneffect aus zwei der Qualität nach verschiedenen Reizen zu Stande kam. Der Effect eines sensiblen Reizes nimmt auch dann zu, wenn eine grössere Anzahl von Nervenendigungen gleichzeitig von dem gleichen Reiz getroffen wird. Tauchen wir in zwei Gefässe von gleicher Temperatur in das eine die ganze Hand, in das andere nur einen Finger, so scheint das erstere wärmer als das andere zu sein. Die vielen gleichzeitigen Reize summiren sich zu einem grösseren Effecte als die weniger zahlreichen, obwohl die absolute Reizstärke jedes einzelnen Nervenendorganes in beiden Fällen die gleiche ist. Das Vermögen, relative Unterschiede der Temperaturen zu schätzen, wird unter diesen Versuchsbedingungen soweit beeinträchtigt, dass man zwei Temperaturen in verkehrter Weise für verschieden hält, als sie es in Wahrheit sind. Man hält unter diesen Umständen nach WART Wasser, welches  $+ 29^{\circ}$  R. warm ist, in das man die ganze Hand eintaucht, für wärmer als Wasser von  $+ 32^{\circ}$  R., in das man nur den Finger hereinbringt. In dieselbe Täuschung verfällt man, wenn man Wasser von  $+ 17^{\circ}$  R. und  $+ 19^{\circ}$  R. auf dieselbe Weise untersucht.

E. H. WEBER vermuthete, dass für benachbarte Hautstellen auch jene Theile des Gehirnes, zu welchen die Eindrücke von diesen Hautstellen aus fortgepflanzt werden, in nächster Nachbarschaft liegen. Er nimmt dann weiter an, dass die Bewegungen in benachbarten centralen Empfindungsorganen sich nicht nur sehr ähnlich sind, sondern dass sie schwer eine von der anderen weggekannt werden können, sie fliessen vielleicht auch, da ein Centralorgan nächstenbenachbarte mit in seine Bewegung hineinzieht, in einander über.

### III. Gemeingefühl.

Die sensiblen Nervenendigungen in den übrigen Körperorganen, mit Ausnahme der Sinneswerkzeuge und der Haut, sind noch unvollkommen bekannt.

Gefühlsempfindungen in den inneren Körperorganen sind einerseits in enger Beziehung, besonders in den Muskeln, den Tastempfindungen analog, andererseits sind die Nerven der inneren Organe, namentlich der Körperhöhlen, auch deutlich für Temperaturreize empfindlich. In der Unterleibshöhle, nach den übereinstimmenden Aussagen der betreffenden Kranken, plötzlich erfolgende starke Blutergüsse durch Gefäßzerreissungen ein Gefühl von Wärme und Druck hervor. Die Sehnen, Knorpel, Bindegewebe sind wie das Knorpelgewebe normal unempfindlich, die Knochen wenigstens für schwächere Reize, doch können, wie es scheint, in krankhaften Zuständen alle diese Organe, lebhaftesten die Knochen, Schmerz erregen. Ueberhaupt kommt bei den inneren Organen vor Allem das Schmerzgefühl zur Empfindung. Ein ganz gesunder Mensch wird durch keine Empfindung über seine Körperanatomie, z. B. über die Lage seiner Eingeweide unterrichtet, während in Folge von Krankheiten das Bewusstsein von ihnen genaue Kenntniss erlangt. Von den Endorganen der sensiblen Nerven der betreffenden Organe sind die VATER'schen Körnerchen im Mesenterium der Katzen, sowie dieselben Organe an den Gelenken (DINGER, RAUBER) bekannt. In den Muskeln ist das Gemeingefühl, die Sensibilität, am stärksten und am feinsten ausgebildet, über ihre muthmasslichen sensiblen Nervenendigungen cf. oben. Die sensiblen Muskelnerven sind noch wenig erforscht. Man hat zu den Augenmuskeln, die bekanntlich von motorischen Nerven N. Oculomotorius, Trochlearis und Abducens erhalten, auch dünne Aeste eines Empfindungsnerven, des Ramus ophthalmicus des Trigemini verfolgt. Unstreitig gehen auch zu den anderen Muskeln sensible Fasern, die sich den motorischen Nervenstämmen durch Anastomosen beimischen. Die verschiedene Anzahl derselben ist wohl der Grund der verschieden starken Ausbildung des Muskelgeföhles in den verschiedenen Muskeln.

Das Muskelgefühl leistet uns in zwei verschiedenen Beziehungen sehr werthvolle Dienste. Es unterrichtet uns nicht nur stets von der jeweiligen Lage unserer Glieder und Hautstellen zu einander, es sind auch die Muskeln, vermittelst welcher wir den Grad der Anstrengung bemessen, welcher erforderlich ist, um den uns geleisteten Widerstand zu überwinden. Für gewöhnliche sensible Nervenreize zeigen sich die gesunden Muskeln nicht empfindlich. Man kann sie bei Operationen zerschneiden und quetschen, ohne dass, wenn nicht ein Nerv direct getroffen wird, Schmerzäusserungen dadurch veranlasst würden. Gegen sind die Muskeln sehr empfindlich für das Gefühl der Anstrengung — Ermüdung —, welches in extremen Fällen in einen intensiven Schmerz übergehen kann. Hierher gehören die Schmerzen durch starke Muskelarbeit, die ungeheure Schmerzhaftigkeit tetanischer Krämpfe z. B. des Wadenkrampfes, der Uteruscontractionen. Vor Allem aber ist hier zu nennen das feine Gefühl, welches die durch den Willen hervorgebrachte Zusammenziehung der Muskeln begleitet.

Das Gefühl der Ermüdung, welches durch die anhaltende Muskelcontraction hervor wird, überdauert seine Ursache lange Zeit, wie man nach angestrengten Fussmärsch nachdem man seinen Arm längere Zeit unbewegt gestreckt hatte, an sich selbst zu be Gelegenheit findet. E. H. WEBER, dem wir auch hier die Grundversuche verdanken, erst den Gedanken ausgesprochen, dass die in Folge der Contraction auftretende che Veränderung der Muskelsubstanz das Empfindung und Schmerz erregende sei. Seitdem wir wissen, dass die objectiven Ermüdungserscheinungen diese haben, gewinnt diese Anschauung sehr an Gewicht. BICHAT sah, wenn er reizende keiten, wie Tinte, verdünnte Säuren oder Wein in die Arterien lebender Thiere spritigen Schmerz entstehen. Die genannten sauren Stoffe wirken der Milchsäure oder ren phosphorsauren Kali, die im contrahirten Muskel entstehen, analog, indem s Muskelsubstanz aus den Blutgefässen eindringen. Das Ermüdungsgefühl dauert an Blutcirculation Zeit hatte, die bei der Contraction gebildeten, Schmerz erregenden schlacken abzuführen. Bei allen Krankheiten mit verminderter Circulationser wie bei solchen, welche wie Fieber mit einer raschen Consumtion der Körperstoffe, gesteigerter Bildung der Zersetzungsprodukte aller Organe, auch der Muskeln einb findet sich aus der gleichen Ursache das Ermüdungsgefühl, die Abgeschlagenheit, bei hinzukommenden Anstrengungen oder auch ohne sie leicht in Ermüdungs- oder schmerzen übergehen kann.

**Der Kraftsinn.** Die Empfindung von dem Grade der erforderlichen strengung zur Ueberwindung eines uns geleisteten Widerstandes ist dass er uns Dienste leistet wie ein Sinn, den man nach WEBER Kraftsin nen kann. Man kann mit seiner Hülfe, ganz unabhängig von dem Tastsin Unterschied zweier Gewichte noch genauer bestimmen als mittelst de sinnes. Man erkennt noch richtig Gewichte als verschieden schwer, die s 39—40 verhalten. Wir wissen durch Erfahrung, welcher Grad von Anstr der Muskeln erforderlich ist, um unsere Glieder in eine gewisse Lage setzen und sie darin zu erhalten, so genau, dass wir jeden Augenblick den Zustand der Anstrengung der Muskeln, in dem sich diese gerade be anzugeben vermögen, in welcher Lage sich unsere Glieder befinden, au dass wir sie sehen oder dass sie sich gegenseitig berühren. Diese Kenntn der Lage der Glieder zu einander kann ebenso zur Grössen- und Gestalt nehmung mit beiden Händen ergriffener Gegenstände benutzt werden. v Erhaltung des Gleichgewichtes beim Stehen und Gehen. Die Feinh Sicherheit der Muskelcontraction, beruhend auf den eben genannten Un welche (wenigstens die vorläufige Schätzung des zur geforderten Muske nöthigen Impulses vom Nerven aus) theilweise im Gehirn zu Stande k überrascht am meisten bei der Ton- und Buchstabenbildung im Kehlko der Mundhöhle, beim Singen und Sprechen (cf. oben S. 686).

Das Muskelgefühl bringt in manchen speciellen Fällen nicht nur den jeweiligen des Muskels selbst zum Bewusstsein, sondern es verbinden sich mit ihnen auch oft g stimmte Phantasievorstellungen. WEBER bemerkt, dass Contractionen gewi sichtsmuskeln, durch welche wir bestimmte Mienen hervorbringen, sich leicht mit d stellungen verbinden, für welche der betreffende Gesichtsausdruck charakteristisch dass erstere hier und da allein schon genügen, eine gewisse Seelenstimmung in uns zurufen. Umgekehrt verschwinden letztere leichter, wenn die typische Contraction sichtsmuskeln verändert wird, wenn wir z. B. mit der Hand gewisse Runzeln der Stirn wenn wir unserem Gesicht im Gegensatz zu unserer gerade vorhandenen Gemüthssti einen frohen oder wenigstens ruhigen Ausdruck ertheilen.



**Gleichgewichtssinn.** Wird ein Mensch auf einem passenden Apparat stehend auf diesem um seine Längsaxe gedreht, so verschwindet bei geschlossenen Augen das Gefühl der Drehung, sobald die Drehgeschwindigkeit gleichförmig geworden ist. Nimmt die Drehgeschwindigkeit ab, so entsteht das Gefühl der Drehung in entgegengesetzter Richtung. Die auftretenden subjectiven Täuschungen über den Gleichgewichtszustand des Körpers werden je nach der Aufhaltung modificirt. Auf einer Wage in verticale Bewegung versetzt, werden von uns bei geschlossenen Augen die Schwankungen gefühlt, der Punkt der Umkehr aber zu früh angegeben. Man fühlt also auch hier lediglich die Veränderung der Beschleunigung (E. MACH). (Ueber die Annahme, dass die halbkugelförmigen Kanäle im Ohre Organe des Gleichgewichtssinnes seien, s. unten bei Gehörsinn.)

**Das Bell'sche Gesetz.** Die sensiblen Nerven der Haut stammen aus den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, während, wie schon erwähnt, die vorderen der willkürlichen Bewegung vorstehen: BELL'sches Gesetz. Durchschneidet man die hinteren Wurzeln, so hört damit die Empfindung in den von ihnen innervirten Theilen vollkommen auf. Das centrale, mit dem Rückenmark zusammenhängende Ende ist natürlich noch empfindlich und ruft gereizt starke Schmerzempfindungen hervor. So lange die hintere Wurzel noch unversehrt bleibt, zeigt sich die vordere, motorische Wurzel auf Reiz ebenfalls, wenn auch viel schwächer als die hintere, empfindlich. Diese scheinbare Sensibilität verschwindet jedoch auf, sobald die hintere Wurzel durchschnitten ist (MAGENDIE). Man erklärt dieses Verhalten dadurch, dass im Ganglion spinale von der hinteren Wurzel Fäden auf die vordere Wurzel übergehen, die dem Rückenmark zu verlaufen, also wieder rückläufig umbiegen. Es muss diese »rückläufige Sensibilität« verschwinden, wenn die hintere Wurzel durchschnitten ist, durch welche die rückläufigen Nerven mit ihren Centralorganen zusammenhängen.

---

## Dreiundzwanzigstes Capitel.

### Gesichtssinn. I. Der Bau des Auges.

---

#### Die Functionen des Auges und Uebersicht seines Baues.

Das Auge verdankt die Fähigkeit der Lichtempfindung dem in normaler Verbindung mit seinen peripheren und centralen Endapparaten stehenden Nerven. Die in der Endausbreitung des Sehnerven, der Netzhaut, Retina, gelegenen Endapparate seiner Fasern, die Stäbchen oder Zapfen der Retina, haben die specifische Eigenschaft, die Schwingungen des Lichtes in einen Nervenreiz zu verwandeln. Objectives Licht von genügender Stärke, welches auf ein Stäbchen oder einen Zapfen der Retina auftrifft, bringt einen Erregungszustand der dem Endapparate zugehörigen Nervenfaser hervor, welcher, dem Centralorgane der Empfindung zugeleitet, dort den subjectiven Eindruck einer Lichtempfindung veranlasst. Jeder Erregungszustand der Faser des Opticus ruft zwar subjective Lichtempfindung hervor, aber nur von den Endapparaten aus können die Fasern durch objectives Licht in den Erregungszustand versetzt werden.

Das menschliche Auge kann nicht nur hell und dunkel, sondern auch Farben und Gestalten unterscheiden. Für die Auffassung des Lichtreizes und für die Unterscheidung seiner Intensität bedürfte das Auge, abgesehen von dem centralen Sinnesapparat im Gehirn, dessen Erregungszustand uns Lichtempfindung bedeutet, nur einer einzigen Nervenfaser mit einem die Lichtreizung vermittelnden Endorgane, etwa mit einem Stäbchen verbunden. Bei absolutem Lichtmangel würde die Opticusfaser gar nicht erregt werden, mit der Steigerung der Intensität des objectiven Lichtes würde der Reizzustand an Stärke zunehmen. Soll das Auge aber auch die Fähigkeit besitzen, die verschiedenen Qualitäten des Lichtes: die Farben, als verschiedene Reize aufzufassen, so müssen nach dem Gesetz der specifischen Energien wenigstens für die Grundfarben empfindungen, aus denen die übrigen Farbenempfindungen gemischt gedacht werden können, specifische Opticusendorgane, specifische Farbenempfindungsorgane, welche durch Licht von bestimmter Wellenlänge in verschiedener Weise erregbar sind, vorhanden sein. Ihre gleichzeitige Erregung bringt den Eindruck des weissen Lichtes, die Erregung jedes einzelnen den Eindruck von farbigem Lichte hervor. Die Fähigkeit der Gestaltenwahrnehmung setzt eine grössere Anzahl von Opticusendapparaten im Sehorgan und Einrichtungen voraus, durch welche von einem Punkte ausgehende, in der

ge eintretende Lichtstrahlen im Auge selbst wieder in einen Lichtpunkt und in einem Stäbchen oder Zapfen in der Weise vereinigt werden, dass dadurch eine Erregung einer speciellen Opticusfaser erfolgt. Zu diesem Zwecke mit der flächenhaften Ausbreitung des Sehnerven: der Retina, deren für das empfindliche Oberfläche von einer Schicht mosaikartig neben einander stehender Stäbchen und Zapfen gebildet ist, ein optischer lichtbrechender Apparat verbunden, welcher homocentrische Lichtstrahlen durch die Brechung wieder auf einen Punkt der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina concentrirt. In Folge dieser Einrichtung macht das Licht für das Auge die ganze Sichtbarkeit zu einer feinen Mosaik leuchtender Punkte, jeder sichtbare Punkt zerlegt seine Strahlen aus und betheiligt sich dadurch an der Herstellung dieser Mosaik. Die in das Auge von einem deutlich sichtbaren Object aus einfallenden Lichtstrahlen vereinigen sich auf der Licht percipirenden Fläche der Retina zum Lichtbildchen des Objectes; da, wie gesagt, die Retina selbst eine ungeheure feine Mosaik lichtempfindlicher Nervenendorgane darstellt, so entspricht verschiedenen das Lichtbild im Auge zusammensetzenden leuchtenden kleinen Flächenabschnitten von der Grösse des Querschnitts eines Lichtempfindlichen Retinaelements je ein Reizungszustand eines der vom Bilde gedeckten, mosaikartig neben einander stehenden nervösen Endorgane. Das Lichtbild im Auge wird dadurch in ein musivisches Bild verwandelt, von gleicher Ausdehnung und Gestalt wie jenes, in welchem aber die verschiedenen Helligkeiten und Farben des Lichtbildes durch bestimmte Reizzustände der Nervenendapparate und der zu ihnen gehörigen Opticusfasern wiedergegeben sind. Der Vorgang der Netzhauterregung durch Licht ist mit einer chemischen Veränderung innerhalb der Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht verbunden, die Beobachtungen über Bleichung der Retinalpigmente unter Lichtwirkung ergeben. (FR. BOLL, KÜHNE, cf. unten.)

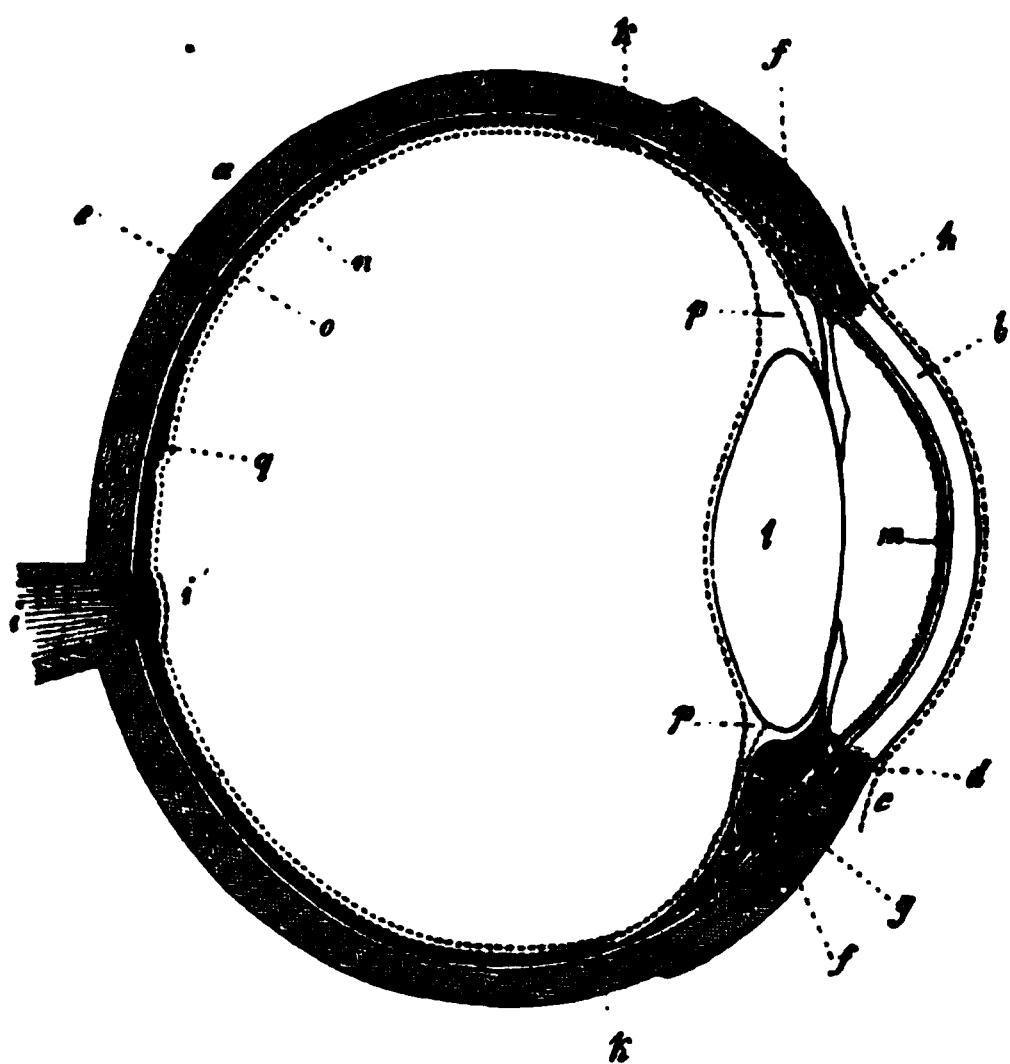
Seinen Functionen entsprechend, lassen sich die wesentlichen Theile des Auges bezeichnen als lichtempfindlicher Apparat, die Netzhaut, und als lichtbrechender Apparat, vor Allem Hornhaut, Linse und Glaskörper. Beide besitzen noch Schutz- und Ernährungsorgane, weisse Augenhaut und Aderhaut. Ist die Trennung keine absolute. Unter den lichtbrechenden Theilen des Auges scheinen auch die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen, welche zum Licht percipirenden Apparat gerechnet werden, eine vielleicht besonders wichtige Rolle zu spielen. Von den äusseren schützenden Augenhüllen beeinflusst die durchsichtige Hornhaut vorzüglich den Gang der Lichtstrahlen im Auge, und die Aderhaut, welche zunächst als Ernährungsorgan des Auges erachtet wird, wird für die genaue Zeichnung der Lichtbilder im Auge einmal dadurch wichtig, dass ihr vor der Linse liegender, central durchbohrter Abschnitt, die Pupille, als in der Weite veränderliche optische Blendung, Diaphragma, wirkt; andererseits ermöglicht der vorzüglich in ihr verlaufende Accommodationsmuskel durch entsprechende Veränderung der Linsenkrümmung und damit des Gesamtbrechungsvermögens des Auges die Vereinigung von Lichtstrahlen, die von verschiedener Entfernung herkommen, zu scharfen Lichtbildern auf der Netzhaut, wodurch es dem normalen Auge möglich wird, von Gegenständen in verschiedenen Abständen vom Auge genaue Gesichtswahrnehmungen zu erhalten.

In dem Auge des Menschen werden durch membranöse Gebilde die durchsichtigen Theile umschlossen: die wässerige Feuchtigkeit, Augenkammer, die Krystalllinse, der Glaskörper. Sie bilden die Hauptmasse des Auges. Umhüllt werden sie von drei in einander folgenden Systemen von Häuten (Fig. 194). Diese Häute sind:

1. Das System der Netzhaut mit der Pars ciliaris. Sie bildet die innerste Augenhaut und liegt direct auf dem Glaskörper auf. Die Pars ciliaris gelangt bis zum Linsenrande.

2. Das System der Tunica vasculosa besteht aus der Choroidea, dem Ciliarkörper und der Regenbogenhaut, Iris. Es liegt zwischen dem vorigen System und der Sclerotica.

Fig. 194.



Querschnitt des Auges nach HELMHOLTZ. a Sclerotica; b Cornea; c Conjunctiva; d Circulus venosus corneae; e Tunica choroidea und Membrana pigmenti; f M. ciliaris; g Processus ciliaris; h Iris; i N. opticus; j Colliculus opticus; k Ora serrata retinae; l Krystalllinse; m Tunica Descemetii; n Membrana limitans retinae; o Membrana hyaloidea; p Canalis Petiti; q Macula lutea.

das vorige System bildet die Regenbogenhaut, Iris. Es liegt zwischen der Linse bis auf eine rundung an der vorderen Seite der Linse: die Pupille.

3. Das System der Sclerotica mit der Cornea. Es bildet die Hüllkapsel des Auges, welche in ihrem vorderen Theile aus durchsichtigen, weissen Hornhaut des Auges besteht, und in dem hinteren aus der durchsichtigen Hornhaut, Cornea, besteht. Sie umschließt die gesamten anderen Theile vollkommen. In der hinteren Seite wird sie durch den eintretenden Sehnerv durchbohrt.

Das »Weisse« des lebenden Auges ist die Bindehaut, welche den Augapfel nach vorne bedeckt.

Die Augenhöhle befestigt, überzogene, weisse Augenhaut. Der durchsichtige Theil des lebenden Auges ist die Hornhaut, Cornea, das Fenster des Auges. Sie ist sich etwas stärker als die Sclerotica hervorwölbt, und hinter der sich die Iris befindet, eine blau und grau gefärbte Iris mit ihrer schwarz erscheinenden Oeffnung: der Pupille, zeigt.

Die Gestalt des Auges wird durch Sclerotica und Cornea bedingt, welche durch ihre Festigkeit vor äusseren Eingriffen schützen. Die Form des Augapfels ist, wenn man sich richtig betrachtet, kugelig, doch ist die hintere Seite meist ziemlich stark abgeplattet. Die Mehrzahl der Fälle stellt die Form der Sclerotica ein Ellipsoid dar, das wir, umgekehrt, die Gestalt der Cornea (cf. diese), durch Umdrehen einer Ellipse um ihre kleine Achse entstanden denken können. Sehr kurzsichtige Augen haben dagegen eine andere Form; sie stellt ein Ellipsoid dar, das man sich ebenso wie die Form der Hornhaut denken kann.

lung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken kann. Eine Linie, durch den Mittelpunkt der Hornhaut und des ganzen Auges gelegt gedacht, bezeichnet man als Augenebene, eine darauf senkrecht durch die grösste Weite des Augapfels gelegte Ebene bezeichnet man als: Aequatorialebene des Auges, ihren Umfang als Aequator. Die vier grossen Augenmuskeln drücken den Augapfel etwas ein, der sich zwischen ihnen leicht hervorwölbt. Vorn geht die Sclerotica in die stärker gekrümmte Cornea über, hinten und etwas unten und innen zu ist sie vom Sehnerven durchbohrt.

**Zur vergleichenden Anatomie und Physiologie.** — Die einfachsten Augen niederer Thiere scheinen vielleicht nur hell und dunkel zu unterscheiden, erst bei einem complicirteren Bau mit einer Mosaik von Krystallstäbchen, die den Netzhautstäbchen und den Conus der Retina entsprechen, kommt auch eine genauere Raumunterscheidung mit Hülfe des Auges hinzu. Zu diesem Zwecke muss das von gesonderten leuchtenden Punkten der Aussenwelt ausgehende Licht gesondert, d. h. durch verschiedene Nervenfasern wahrgenommen werden. Es darf dann jede einzelne Nervenfaser nicht mehr von allen Seiten des Raumes Licht zugeführt erhalten, sondern nur von einem möglichst punktförmig beschränkten Raum, in dem jeder Nervenfaser ein kleines möglichst punktförmiges Gesichtsfeld entspricht. In dem Menschenauge und den meisten höher entwickelten Augen wird das durch Lichtbrechung bewerkstelligt. In den zusammengesetzten Augen der Gliederthiere wird die Scheidung des Lichtes durch undurchsichtige, die Nervenfasern und ihre Endorgane abgrenzende, trichterförmig gestellte Scheidewände vermittelt (cf. unten).

## Sclerotica und Cornea.

**Die Sclerotica**, die weisse Augenhaut, ist eine feste, fibröse, aus Bindegewebe eingelagerten elastischen Fasern gebildete Membran. Sie ist biegsam, aber unausdehnbar. Ihre Bindegewebsfibrillen verlaufen meist der Oberfläche der Membran parallel, wodurch diese unvollkommen in Lamellen spaltbar wird. In der Grundsubstanz sind Zellen eingelagert, die den unten zu beschreibenden Netzhautkörperchen ähnlich sind. Wie die Hornhaut ist auch die Sclerotica von einem zierlichen Netze von Saftcanälchen durchzogen, die in letzteren gelagerten Zellen enthalten bei vielen Säugethieren Pigmentkörnchen (STRICKER, HELFERRICH). Die Nerven in der Sclerotica passiren diese z. Thl. nur, um zu dem Bulbus ciliaris, der Iris, Cornea etc. zu gelangen, doch lassen sich (deutlich beim Frosch und albinotischen Kaninchen) auch eigene Scleroticanerven nachweisen (STRICKER, HELFERRICH). Die ziemlich spärlichen Blutgefässe bilden ein weitmaschiges Netz unter der inneren Oberfläche der Sclera. Um die Eintrittsstelle des Opticus läuft ein arterieller Gefässkranz, von welchem zahlreiche Aeste in das interstitielle Bindegewebe des Opticus treten.

**Die Cornea**, Hornhaut, des Menschenauges setzt sich aus mehreren Schichten verschiedener Gewebe zusammen. Das eigentliche Hornhautgewebe, das die Hauptmasse der Hornhaut ausmacht, wird nämlich nach aussen von einem einschichtigem Plattenepithelium, dem äusseren Hornhautepithel, bedeckt. Nach innen schliesst sich an das eigentliche Hornhautgewebe eine elastische, meist homogen erscheinende glasartige Lamelle, die Descemetische Membran oder Demoursische Haut an, die auf ihrer inneren gegen die Augenkammer gerichteten Seite mit einer einfachen Lage abgeplatteter Zellen mit runden Kernen, dem inneren Hornhautepithel oder Endothel der Descemetischen Membran bekleidet ist.



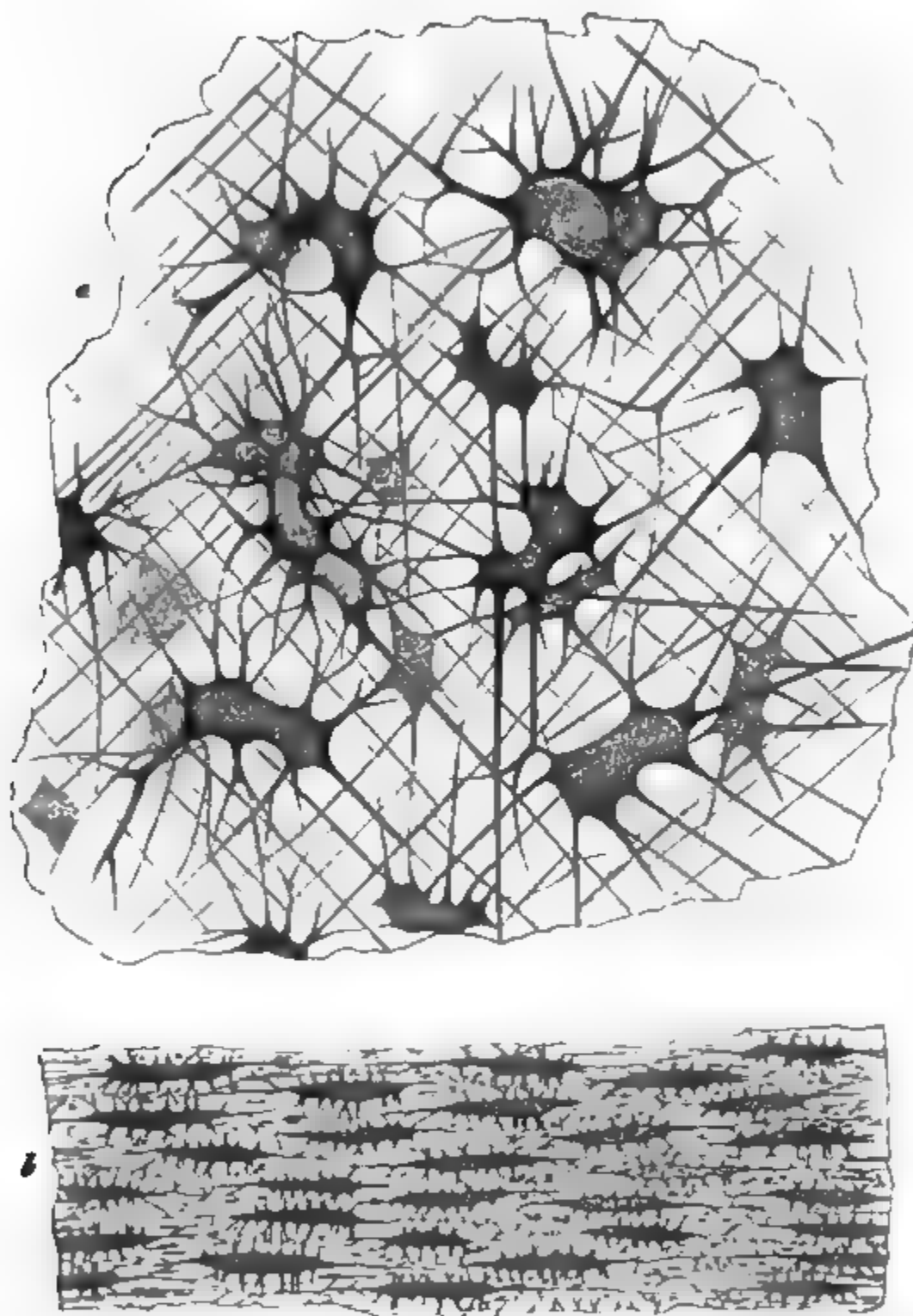
Das äussere Hornhautepithel zeigt in den obersten Schichten abgeplattete, in der untersten, unmittelbar auf dem Hornhautgewebe aufsitzende innersten Schicht cylindrische Zellen. Die Zellen erscheinen von rauher Oberfläche, ihre kurzen Zacken in einander geschoben wie bei Riff- oder Stachelzellen (A. ROLLETT, S. 35, Fig. 32). Die Descemetische Haut präsentiert sich auf Hornhautdurchschnitten als scharf gezeichnete Schicht. Ihre Dicke nimmt mit dem Alter von 0,005—0,02 mm zu. Im frischen Zustand erscheint die Membran meist structurlos, unter Einwirkung von Reagentien erhält sie an der Oberfläche parallele Streifung.

Das eigentliche Hornhautgewebe gehört wie das Gewebe der Sclerotica zu den Geweben der Binde substanz. Auch hier findet sich eine fibrilläre Grundsubstanz von einem reichen Saftcanälchennetze (v. RECKLINGHAUSEN) durchzogen, in dessen Innern sich Zellen finden und zwar Zellen zweierlei: fixe Hornhautkörperchen (VIRCHOW) und bewegliche Zellen, Wandzellen (v. RECKLINGHAUSEN, ENGELMANN), welche im lebenden Gewebe lebendige amöboide Bewegungen und einen deutlichen Ortswechsel erkennen lassen. Fibrillen der Grundsubstanz sind sehr fein, höchstens 0,0001 mm dick (ENGELMANN), sie vereinigen sich zu breiten Bündeln, welche meist der Hornhautoberfläche ziemlich parallel verlaufen. Die Richtungen der übereinander liegenden Bündel kreuzen sich unter verschiedenen Winkeln, hier und da rechtwinklig. Gegen die äussere Oberfläche des Hornhautgewebes zu nehmen die Faserbündel einen gegen die Oberfläche geneigten Verlauf und schieben sich dabei sehr leicht durch einander. Gegen das äussere Epithel grenzt sich das Hornhautgewebe durch eine vordere Grenzschicht (REICHERT) ab, welche nach A. ROLLETT aus Fibrillen besteht, von HENLE unter dem Namen *Lamina elastica anterior* als ein Analogon der Descemetischen Haut beschrieben wurde. Die Fibrillen der Cornea sind durch eine Kittsubstanz mit einander verbunden, was ENGELMANN für flüssig erklärte, was nach ROLLETT mit den sonstigen Beobachtungen nicht in Einklang steht. Die Saftcanälchen, welche die fibrilläre Grundsubstanz der Hornhaut durchziehen, bestehen aus weiteren hohlen Hohlräumen, die unter einander durch feinere, nach den verschiedensten Richtungen abgehende, unregelmässig verästelte Röhrengebilde anastomosiren. In den Erweiterungen des Saftcanälchennetzes finden sich Zellen, die fixen Hornhautkörperchen, eingelagert, welche innerhalb der Saftcanälchen ein zusammenhängendes Protoplasmanetz bilden. Diese Hornhautzellen entbehren einer äusseren Membran, ihr Körper ist, abgesehen von ihren Protoplasmafortsätzen, glatt, ebenso ihr Kern, meist liegt ihre schmale Seite senkrecht zur Hornhautoberfläche, so dass sie von oben gesehen breit, auf senkrechten Hornhautdurchschnitten aber ziemlich spindelförmig erscheinen. Die Hauptprotoplasma masse der Zellen sendet eine grössere oder geringere Anzahl sich verästelnder und dabei schmaler werdender Protoplasmafortsätze aus, die sich mit analogen Fortsätzen anderer Hornhautkörperchen zu einem zierlichen Netze vereinigen, dessen Maschen oft sehr regelmässig sechseckig erscheinen (ROLLETT) (Fig. 4).

Das Netz der Hornhautkörperchen fällt mit dem der Saftcanälchen fast vollkommen zusammen (HIS), doch bleibt in ersterem so viel Raum, dass sich auch noch, wie ROLLETT angibt, die beweglichen Körper der Hornhaut v. RECKLINGHAUSEN's, die Wanderzellen, darin fortbewegen können. Letztere sind klei-

fixen Hornhautkörperchen, ihre Ausdehnung beträgt meist nur 0,045 mm (MANN). Ihre Anzahl ist wechselnd in verschiedenen Hornhäuten, doch sind sie in allen Schichten. Ihre lebhaften Formveränderungen gleichen jenen der amöboiden weissen Blutzellen oder der Eiterkörperchen, ihre Erscheinung aber im Hornhautgewebe häufig auffallend verlängert und sehr

Fig. 192.



a Hornhautkörperchen aus einer mit Goldchlorid behandelten und von der Fläche gesehenen Froscchornhaut.  
b die Hornhautkörperchen auf einem zur Oberfläche senkrechten Schnitte einer mit Goldchlorid behandelten Froscchornhaut.

l (ROLLETT), entsprechend dem zarten Lückensysteme, in welchem sie sich befinden. Sie stammen theils aus dem Blute und sind wahre ausgewanderte Blutkörperchen (CONNEXIM), theils können sie, wie es scheint, auch aus Umwandlung fixer Hornhautkörperchen (namentlich bei Entzündungen der Cornea) entstehen (F. A. HOFFMANN, NORRIS, STRICKER, ROLLETT).

inneren Lage der oberflächlichen, abgeplatteten Zellen weitere feine Endäste ab in der äussersten Epithelschicht oft etwas angeschwollen endigen (A. ROLLETT). Die Hornhaut des Kaninchens stellte S. H. CHAPMAN und STRICKER auch ein oberflächliches Nervenetz dar. Die marklosen Fasern dieser reichen Geflechte sind im Leben thätig, dass sie den Durchtritt der Lichtstrahlen durch die Hornhaut nicht merklich hindern. Die Temperaturempfindung der Hornhaut ist nach E. FUCHS von der Feuchtigkeit abhängig.

Die Gefässe der Hornhaut bilden beim Menschen nur einen aus zahlreichen langlefässschlingen bestehenden Randsaum von 1—1,5 mm Breite. Die oberflächlichen Gefässe stammen aus den Gefässen der Bindehaut, aus der Sclerotica stammen tiefer liegende Gefässschlingen. Der Mangel der Blutgefässe ist der Hornhaut durch die sogenannten Saftcanälchen ersetzt. Eigentliche Lymphgefässe wurden am Menschen beobachtet (KÖLLIKER, HIS), in den anderen Schichten fehlen sie wie die Blutgefässe.

Am Hornhautrande, Hornhautfalz, Limbus corneae, geht das äussere Epithel in Unterbrechung in das Epithel der Bindehaut über. Auch die Fasern des Hornhauts und der Sclerotica scheinen sich mit einander zu verbinden, oder wenigstens einander zu schieben. Die Descemetische Haut endigt nach neueren Ansichten an der Grenze der Sclerotica mit einem zugeschärften Rande; nach KÖLLIKER geht sie am Hornhautrande in ein elastisches Fasernetz über, das beim Menschen zunächst einen Gürtel am Rande der Membran darstellt (ROLLETT und IWANOFF) und sich dann als Ligamentum iridis pectinatum auf den vorderen Irisrand umschlägt, zum Theil mit elastischen Fasern auch in den Musculus ciliaris und die innere Wand des SCHLEMM'schen Canals. Das Endothel der Descemetischen Haut steht in Verbindung mit dem der Vorderkammer (ROLLETT, IWANOFF).

Ueber die Natur des SCHLEMM'schen Canals, Circulus venosus corneae, herrschen noch differente Ansichten. Der Entdecker erklärte ihn für einen venösen Sinus, Rouget hält ihn mit ROUGET für einen plexusartigen Kranz von Venen, unter denen eine vorragt; nach G. SCHWALBE ist der SCHLEMM'sche Canal ein Lymphraum. Der Canal findet sich an der Stelle, wo Hornhaut und Sclerotica von einander abgegrenzt sind, förmig um den Hornhautrand herumlaufend. Er wird nach vorne von der Sclerotica hinten in seinem der Cornea zugewendeten Abschnitt von elastischem, aus der Mem-

## Messung der Augenform und Hornhautkrümmung.

Das Auge verändert seine Spannung nach dem Tode sehr rasch und bedeutend. C. KRAUSE hat Messungen an 8 möglichst frischen Augen mit dem Zirkel und Mikrometer bei schwacher Vergrösserung angestellt, die aber nur als Näherungswerthe betrachtet werden können. Er fand von aussen gemessen in Pariser Linien ( $1 \text{ mm} = 0,443 \text{ Linien}$ ):

die Länge der Augenaxe (transversaler Durchmesser) zwischen	23,7—25,0 mm
den senkrechten Durchmesser zwischen . . . . .	23,3—24,4 -
den grossen diagonalen Durchmesser zwischen . . . . .	24,3—25,5 -
den kleinen . . . . .	24,0—25,1 -

Die Dicke der Sehhaut fand er in der Augenaxe zwischen 1,0—1,5, im Aequator zwischen 0,79—1,13, im vorderen Rand zwischen 0,68—0,90 mm.

Die Dicke der Hornhaut fand er in der Mitte zu 0,79—0,12, am Rand von 1,0—1,4 mm.

HELMHOLTZ findet die Dicke der Hornhaut beim Erwachsenen in den mittleren zwei Vierteln des Querschnitts fast konstant, sie nimmt erst gegen den Rand rasch zu, in der Mitte erscheinen sonach die Krümmungskreise in der inneren und äusseren Fläche nahezu concentrisch. Die vordere Fläche ist sehr nahe ein Abschnitt eines Rotationsellipsoides, das um seine längere Axe, deren Ende im Mittelpunkt der Hornhaut liegt, gedreht ist. Beim Neugeborenen ist die Hornhaut im Scheitel am dicksten.

Die Krümmung der Hornhaut, deren genaueste Kenntniss für die physiologische Optik von grösster Bedeutung ist, kann genügend scharf nur an lebenden Augen gemessen werden. Man misst zu diesem Zwecke die Grösse eines Spiegelbildes auf der Hornhaut. Kennt man die Grösse und Entfernung des gespiegelten Objectes von einer kugelig gekrümmten, spiegelnden Fläche, so kann man aus der Grösse des Spiegelbildes den Krümmungsradius der spiegelnden Fläche, hier der Hornhaut, berechnen. Eine kugelig gekrümmte Fläche gibt je so kleinere Spiegelbilder, je kleiner ihr Krümmungsradius ist. KOHLRAUSCH liess als Object zwei Lichter, deren Abstand von einander und vom Auge er kannte, im Auge sich spiegeln. Er beobachtete das Auge mit einem für geringe Entfernungen anwendbaren Fernrohr, in dessen Ocular zwei Spinnenfäden parallel gespannt waren, denen er mittelst einer Schraubenrichtung beliebige Entfernungen von einander geben konnte. Die Spiegelbilder der Lichter erschienen auf der Hornhaut als zwei leuchtende Punkte, auf welche die Spinnenfäden möglichst genau eingestellt wurden. Die Entfernung der Spinnenfäden und damit die Entfernung der Spiegelbilder im Auge konnte gemessen, und daraus der Krümmungsradius der Hornhaut berechnet werden. — Um diese Messung des Spiegelbildes von störenden Bewegungen des beobachteten Auges frei zu machen, konstruirte HELMHOLTZ das Ophthalmometer. Wenn wir durch eine planparallele Glasplatte schräg hindurchblicken, so sehen wir einen Gegenstand, den wir betrachten wollen, zwar in seiner natürlichen Grösse, aber etwas seitlich verschoben, und diese Verschiebung ist um so grösser, je spitzer der Winkel zwischen den Lichtstrahlen und der Fläche der Platte wird. Betrachten wir mit einem Auge gleichzeitig durch zwei solche planparallele Glasplatten, die sich unter irgend einem Winkel kreuzen, eine Linie, so erscheint sie, da die eine Platte ihr Bild nach der einen, die andere nach der anderen Seite verschiebt, doppelt. Die Entfernung der Doppelbilder ist um so grösser, je grösser der Drehungswinkel der Glasplatten, sie kann aus den Winkeln, welche die Platten mit der Axe des Fernrohrs machen, berechnet werden. Das Ophthalmometer ist nun im Wesentlichen ein Fernrohr, zum Sehen auf geringe Entfernungen eingerichtet, vor dessen Objectivglase neben einander zwei Glasplatten stehen, so dass die eine Hälfte des Objectivglases durch die eine, die andere durch die andere Platte sieht. Stehen beide Platten in einer gegen die Axe des Fernrohrs senkrechten Ebene, so erscheint nur ein Bild des betrachteten Objectes, z. B. des Spiegelbildes eines Lichtes auf der Hornhaut, dreht man aber beide Platten ein wenig und zwar nach entgegengesetzten Seiten, so theilt sich das einfache Bild in zwei Doppelbilder. Der

Drehungswinkel der Platten kann am Instrumente genau abgelesen werden. Lässt man wie nach der Methode von KOHLRAUSCH, auf der Hornhaut einen Maassstab sich spiegeln, de Ende man mit je einem Lichte bezeichnet hat, und stellt die durch die Drehung der Pl erzeugten Doppelbilder so an einander, dass das Ende des einen den Anfang des anderen nau berührt, so ist die Länge des Spiegelbildes des Maassstabes gleich der Entfernung s beiden Spiegelbilder von einander und kann wie diese berechnet werden. Das Ophthalmor ist also ein Instrument zur genauen Längenmessungdes Spiegelbildes, es kann auch zur sung anderer namentlich optischer Bilder mit Vorthail angewendet werden.

HELMHOLTZ bestimmte mit dem Ophthalmometer die Elemente des horizontalen D schnitts der Hornhaut für die Augen dreier weiblicher Individuen zwischen 25—30 Ja es ergab sich in Millimetern :

	I.	II.	III.
Krümmungsradius im Scheitel . . . . .	7,338	7,646	8,111
Quadrat der Excentricität . . . . .	0,4867	0,2430	0,1111
halbe grosse Axe . . . . .	13,027	10,400	11,111
halbe kleine Axe . . . . .	9,777	8,788	9,111
Winkel zwischen grosser Axe und Gesichtslinie . . . . .	4019'	6048'	7011'
horizontaler Durchmesser des Umfangs . . . . .	11,64	11,64	11,11
Abstand des Scheitels von der Basis . . . . .	2,560	2,581	2,111

Der Mittelpunkt der äusseren Fläche der Hornhaut fällt in allen drei Augen fast g mit dem Scheitel der Ellipse zusammen. Die Gesichtslinie (cf. unten) liegt auf der N seite des vorderen Endes der grossen Axe des Hornhautellipsoides.

DONDERS theilt eine grosse Anzahl von physiologisch wichtigen Messungen des Krümm radius in der Gesichtslinie mit, die Mittelwerthe derselben sind in Millimetern :

Männer:		Frauen:		Nach der Sehweite
20 unter 20 Jahren	7,932	6 unter 20 Jahren	7,720	27 Normalsichtige . . . . .
51 - 40 -	7,882	22 - 40 -	7,799	25 Myopische . . . . .
28 über 40 -	7,819	16 über 40 -	7,799	26 Hypermetropische . . . . .
11 - 60 -	7,809	2 - 60 -	7,607	
Mittel . . . . .	7,858	Mittel . . . . .	7,799	
Maximum . . . . .	8,396	Maximum . . . . .	8,487	
Minimum . . . . .	7,298	Minimum . . . . .	8,115	

Der hier gemessene Krümmungsradius der Hornhaut nimmt darnach im Alter etwa die Krümmung nimmt also entsprechend zu. Bei normalsichtigen (emmetropischen) A ist die Krümmung der Hornhaut am stärksten, bei myopischen (kurzsichtigen) geringer geringsten bei hypermetropischen (überweitsichtigen) Augen. Namentlich für die kurz tigen Augen war dieses Resultat überraschend, da man bis dahin ihre Anomalie zum auf eine stärkere Hornhautkrümmung glaubte zurückführen zu dürfen.

Die Berechnung des Krümmungsradius der Hornhaut (HELMHOLTZ) ist, wie gesagt, einfach, wenn das gemessene Spiegelbild verhältnissmässig klein gegen den Radius Es verhält sich die Grösse  $a$  des Objekts zur Entfernung  $b$  des Objekts vom Auge wie Grösse  $\alpha$  des Bildchens zum halben Krümmungsradius  $\frac{1}{2}r$ , der aus dieser Proportion zu rechnen ist :  $a : b = \alpha : \frac{1}{2}r$ .

Tunica vasculosa: Choroidea und Iris.

Die Tunica vasculosa s. uvea kleidet als Choroidea die Sclerotica inn aus; noch ehe sie den Rand der Cornea erreicht, 1 mm davon entfernt, biegt sich von der äusseren Umhüllungshaut des Auges ab und legt sich im weite Verlauf an die Vorderfläche der Linse an, welche sie als Iris, Regenbogenha bis auf die der Pupillaröffnung entsprechende Centralpartie bedeckt.

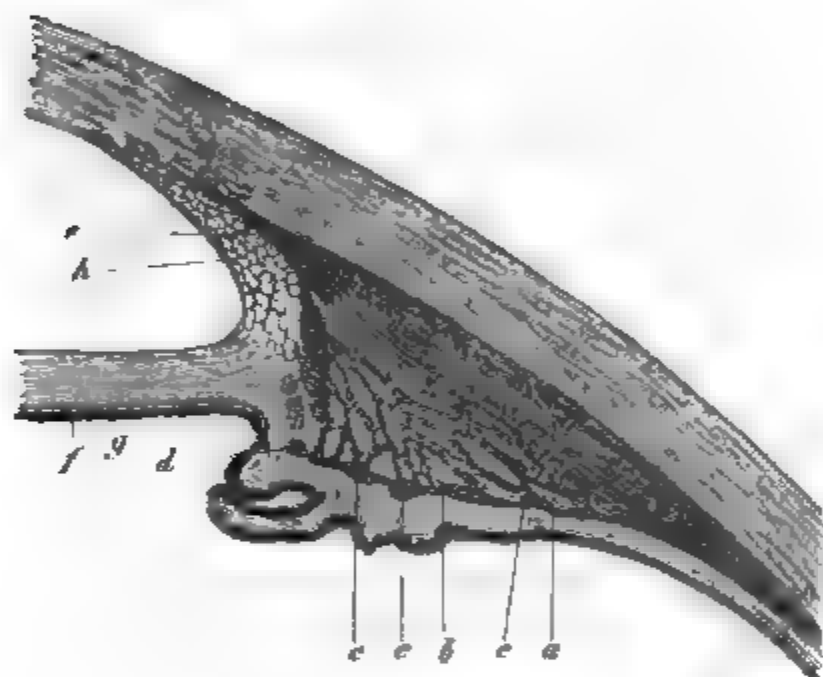


Die Choroida ist eine 0,06—0,46 mm dicke, gefässreiche Membran. An der Eintrittsstelle des Opticus hängt sie fester mit der Sclerotica zusammen, und ebenso vorne an der Grenze der Sclerotica und Hornhaut, wo sich die ringförmige Sehne des Ciliarmuskels ansetzt. Sonst sind beide Häute nur lose durch Gefässe und Nerven verbunden. Die Hauptmasse der Choroida wird von Gefässen gebildet, welche mit den glatten Muskelfasern und Nerven der Membran in einem Stroma getragen werden, das sich durch eine grosse Anzahl sternförmig verästelter, unter einander anastomosirender Pigmentzellen charakterisirt, welche in ein dichtes Netz verästelter Fasern eingelagert sind. Auch Wanderzellen kommen nach IWANOFF vor. Nach FRANZ MORANO werden die Capillarmasse von einer Lymphscheide, einem perivascularen Canal umgeben, und communiciren die augenscheinlich canalisirten Bindegewebskörperchen der Lymphscheide (d. h. die Hohlräume, in welche die Protoplasmakörper der Zellen eingebettet sind) durch hohle Ausläufer mit analogen Hohlgebilden die Blutgewandung und stellen auf diese Weise eine, wenn auch äusserst enge, doch keine Verbindung zwischen den beiden Gefässhöhlräumen dar. Die äussere, der Sclerotica zugewendete Fläche zeigt eine Pigmentschicht, *Lamina fusca*; der Uebergangsstelle der Choroida und Iris, wo sie sich mit der Sclerotica verbinden, umkreist die Membran als ein ringförmiges, graues, 3—4 mm breites Band der Ciliarmuskel. Gegen die Retina zu ist die Choroida durch eine Glaslamina vitrea, abgegrenzt, an welcher die Pigmentschicht der Retina fest ansitzt, dass sie auch in den Abschnitten, in welchen eine Trennung der Häute leichter ausführbar ist, regelmässig an der Choroida hängen bleibt, was früher Veranlassung gab, sie als innere Pigmentschicht der Choroida zu beschreiben. Das Gewebe der Choroida selbst zerfällt in zwei Schichten in die innere *Membrana choriocapillaris* und in die äussere Schicht gröberer Gefässe, welche sich durch das Vorkommen der *Venae vorticiae*, fünf bis sechs quirlförmig sich vereinigender Venenbündel, auszeichnen. Die untere Fläche der Choroida zeigt in ihrem vorderen Abschnitt den kranzartigen Kranz von meridional gerichteten Falten, durch tiefe Furchen von einander getrennt, die Ciliarfortsätze, *Processus ciliares*, 70—80 an Zahl (494). Sie erheben sich gegen die Iris zu, erreichen ihre grösste Höhe in der Gegend des äusseren Linsenrandes und fallen dann steil gegen die Iris ab, deren Hinterseite die meisten als geringe Erhebungen sich fortsetzen. Sie sind der Hauptsache nach durch ein Convolut von Gefässstämmen gebildet und setzen sich mit einem gezackten Saum im Ganzen von dem glatten Theil der Choroida ab. Der ganze vordere Abschnitt der Choroida von der Ora serrata an, mit Ciliarfortsätzen und Ciliarmuskel, wird als *Corpus ciliare* bezeichnet. Die Enden der Ciliarfortsätze und die Linsenkapsel berühren sich niemals (O. BECKER).

Von der Ora serrata an verbinden sich Choroida und Netzhaut noch inniger durch Zunahme der Pigmentschicht, welche auf dem hinteren Abschnitte der Retina nur eine einfache, auf ihrem Ciliartheil dagegen eine mehrfache Lage bildet. Die *Membrana choriocapillaris* erstreckt sich nur bis zur Ora serrata. Sehr bemerkenswerth erscheinen die in der Choroida vorkommenden glatten Muskelfasern. H. MÜLLER fand im hinteren Abschnitt der Choroida an den Seiten der *Arteriae ciliares breves* längsgerichtete Bündel glatter

Muskelfasern, in individuell verschiedener Anzahl, ähnliche dünne Bündel sich auch frei im Stroma zwischen den Gefässen zerstreut. Die Hsammlung glatter Muskelfasern findet sich im Ciliarmuskel, dem Bischen Muskel, Tensor choroidae (BRÜCKE, H. MÜLLER, IWANOFF). Durchschnitten zeigt dieses für die Functionirung des Auges äusserst Organ eine dreiseitige Gestalt, die Spitze nach unten gekehrt. Aus seiner Verbindung ausgelöst würde er sich also als ein dreiseitiges, 0,8 mm dickem Ring zusammengebogenes Prisma darstellen (IWANOFF). Die Fasern des Muskels entspringen mit ringförmigen Sehnen, aus festem, plattenförmig breitetem Bindegewebe bestehend, von der inneren Seite des Schlemmer Canals da, wo der elastische und sehnige Theil der Wand sich mit einander verbinden, die Sehnenfasern gehen schliesslich in das Cornealgewebe über. Die vordere Seite und theilweise der innere vordere Winkel des Muskels sind ziemlich dicken, ringförmig wie der ganze Muskel verlaufenden Muskel gebildet, die als ein starrer Muskel angesehen werden können: H. MÜLLER'scher Muskel. Der grösste Theil der Muskelfasern zeigt einen meridionalen, der Richtung der Ciliarfortsätze entsprechenden Verlauf. Die tiefer liegenden Bündel divergiren vom Ursprung aus strahlenförmig und anastomosiren hiebei untereinander. Nachdem die innere Seite gelöst wird, ändert sich ihre Richtung und sie bilden auf der äusseren Fläche ein dichtes circuläres Fasergeflecht (Fig. 193). Die meridional verlaufenden Bündel endigen im Theil etwa 3 mm vom

Fig. 193.



Durchschnitt der Ciliargegend eines Menschenauges. *a* meridionale Muskelbündel des Musc. ciliaris. *b* tiefere strahlenförmig verlaufende Bündel. *c* *c* *c* circuläres Geflecht. *d* MÜLLER'scher Ringmuskel. *f* Muskelplatte an der hinteren Irisfläche. *g* Muskelplexus am Ciliarrand der Iris. *s* ringförmige Sehne des Musc. ciliaris. *A* Ligam. pectinatum.

gebildet, die als ein starrer Muskel angesehen werden können: H. MÜLLER'scher Muskel. Der grösste Theil der Muskelfasern zeigt einen meridionalen, der Richtung der Ciliarfortsätze entsprechenden Verlauf. Die tiefer liegenden Bündel divergiren vom Ursprung aus strahlenförmig und anastomosiren hiebei untereinander. Nachdem die innere Seite gelöst wird, ändert sich ihre Richtung und sie bilden auf der äusseren Fläche ein dichtes circuläres Fasergeflecht (Fig. 193). Die meridional verlaufenden Bündel endigen im Theil etwa 3 mm vom

Ursprung des Muskels im geschlossenen, nach hinten convexen, durch Anastomosen entstandenen Schlingen. Ein anderer Theil behält seine Richtung bei und liiert sich endlich im Stroma der Choroidea, am weitesten kann man ihn verfolgen zu den Seiten der langen Ciliararterien verfolgen. Innervirt wird der Muskel vom Oculomotorius aus.

Auf die Function des BRÜCKE'schen Muskels kann erst weiter unten bei der Lehre von der Accommodation näher eingegangen werden. IWANOFF beschreibt sehr bedeutende Individualitäten seiner Entwicklung. Bei Weitsichtigen sind vor Allem die Fasern seines vorderen Abschnitts, der MÜLLER'sche Muskel, entwickelt, der Muskel ist ganz kleiner und nicht unbedeutend nach vorne zu verschoben. Bei Kurzsichtigen sind die ringförmigen Bündel sehr schwach entwickelt, der Muskel zeigt vorwiegend

und strahlige Bündel, wodurch sein vorderer Theil nach rückwärts gedrängt, der ganze Muskel länger erscheint.

Die Iris, Regenbogenhaut, liegt als optische Blendung wenigstens mit ihrem Rande dicht auf der Vorderfläche der Linse auf, so dass Lichtstrahlen nur durch den centralen Abschnitt der Linse, welcher von der Iris (Pupille) in wechselndem Umfang unbedeckt bleibt, frei einfallen können. Vom Ciliarrande der Iris, mit welchem sie an dem Ciliarkörper und gemeinschaftlich mit dem Ciliarmuskel an dem elastischen Theil der Wand des SCHLEMM'schen Canals befestigt ist, treten 5—6 concentrisch auf der äusseren Oberfläche verlaufende Fältchen ab; in der Nähe des Pupillarrandes zeigt sich dagegen die Irisoberfläche mit einer grösseren Anzahl strahliger, eng zusammengelegter Fältchen besetzt. Schon oben wurde erwähnt, dass durch ein frei durch die wasserige Feuchtigkeit verlaufendes Netzwerk elastischer Fasern, das Ligamentum iridis pectinatum, die Hinterfläche der Cornea mit der Iris in Verbindung tritt und dass mit geringen Modificationen der Zellen auch ihr inneres Epithel auf die Vorderfläche der Iris sich fortsetzt. Auf der Hinterfläche der Iris liegt die dicke Pigmentschicht, Uvea, auf, welche die Pupille mit einem feinen schwarzen Rande einsäumt und nach hinten in das Pigment des Ciliarkörpers übergeht. Das Stroma der Iris setzt sich aus Bindegewebsfibrillen und sternförmig verästelten und anastomosirenden Zellen zusammen. Letztere sind in schwarzen Augen stark pigmentirt, in hellen Augen aber pigmentfrei. Ausserdem kommen in letzteren noch runde, den Lymphkörpern ähnliche Zellen vor, die sich in dunklen Augen auch pigmentirt zeigen können. Die dunkle Farbe der Iris rührt von den Pigmentzellen im Innern des Stromas her; befindet sich nur auf der Rückseite eine Pigmentschicht, so erscheint die Iris als ein trübes Medium vor einem dunklen Hintergrunde blau. Da sich die Stromazellen der Iris erst nach der Geburt färben, werden, wie man behauptet, alle Kinder mit dunkelblauen Augen geboren (ARISTOTELES). Bildet sich nun reichlicher Chromapigment, so werden die Augen braun, verdickt sich nur das Stroma ohne Pigmenteinlagerung, so werden die Augen, da sie dann einen grossen Antheil des auffallenden Lichtes reflectiren, erst heller blau, dann grau. In das Stroma sind Nerven, Blutgefässe und namentlich organische Muskelfasern eingelagert, welche die Bewegung der Pupille vermitteln, man pflegt sie als zwei Muskeln zu beschreiben.

Der Ringmuskel der Pupille, *M. sphincter pupillae*, vom Nervus oculomotorius innervirt, umkreist in concentrischen Ringen den Pupillarrand in einer Breite von 1 mm, seine Contraction verengt die Pupille. Er liegt nämlich direct unter der Uvea, hinter der Hauptmasse der zum Pupillarrande verlaufenden Gefässe und Nerven. Der Erweiterer der Pupille, *M. dilator pupillae*, vom Sympathicus innervirt, bildet in seiner Hauptmasse eine zusammenhängende, die ganze Rückfläche der Iris überziehende Muskelplatte aus regelmässig neben einander, strahlenförmig vom Pupillarrande zum Ciliarrande verlaufenden Fasern. Am Pupillarrande bildet seinen Anfang eine Anzahl ringförmig verflochtener Bündel, welche theils im Innern des Sphincter, theils auf seiner Hinterfläche zwischen ihm und der Pigmentschicht gelagert sind. Der Ciliarrand der Iris wird von seinen sich hier theilweise verflechtenden Fasern ringförmig umfasst (HENLE, JEROPHEEFF, IWANOFF).

in ein Netz von mittelstarken Nervenästen, welche hierbei einen, an die Fasern des Chiasma nervorum opticorum erinnernden Faseraustausch erkennen lassen.

Die Blutgefäße der Tunica vasculosa sind für die eigentliche Circulation der kurzen hinteren Ciliararterien: Ciliarkörper und Iris werden von den hinteren und den vorderen Ciliararterien versorgt, sie senden aber auch rückläufige Zweige zur Verbindung mit dem Verbreitungsgebiet der hinteren Ciliararterien. Der grösste Theil des Venenblutes der gesamten Tunica vasculosa hat einen Abfluss durch die Venae vorticosae (Stenson) und nur ein Theil des Blutstroms ergiesst sich nach aussen durch die kleinen vorderen Ciliarvenen (Tn.

Die beiden Arteriae ciliares posteriores longae verlaufen unter der Sclerotica abzugeben, nach vorne zum Ciliarmuskel, theilen sich hier gabelig, welche die Substanz des Muskels durchbohren und an seinem vorderen Ende in eine circulaire Richtung umbiegen, so dass die beiden Aeste jeder Arterie einander im Auge entgegenlaufen, hierdurch entsteht ein am vorderen Rande des Muskels bestehender Gefässkranz, in welchen auch Aeste der vorderen Ciliararterien eintreten: Circulus iridis major, welcher besonders die Iris und die Ciliarfortsätze versorgt. Die Arterien beider müssen also sämmtlich vorher den Ciliarmuskel durchsetzen. Die Ciliarfortsätze sind kleine Aeste, welche sich rasch in viele unter einander anastomosirende Zweige auflösen, die sich allmählig erweitern und in die Anfänge der Venae vorticosae übergehen. Diese Venen bilden als ein anastomosirendes Gefässnetz die Hauptmasse der Tunica vasculosa. Aus ihnen verlaufen parallel nebeneinander kleine Nervenstämmchen rückwärts zum Opticus, d. h. bis zum Anfang der Kapillargefässschicht der Choriocapillaris, wo sie das Blut auf und bilden nun die Venae vorticosae, welche die Sclerotica nicht weit vom Äquator durchsetzen. Die Arterien der Iris bilden nahe dem Pupillarrande ein Gefässnetz: Circulus iridis minor.

**Lage der Iris im Auge.** — Von dem Ligamentum iridis pectinatum an der Insertion der Ciliarmuskeln bis zu ihrem Rand ist die Iris genau an die vordere Fläche der Linse angeheftet, so dass sie etwas nach vorn gewölbt wird. Bei dem Erwachsenen liegt dagegen, wie es bei dem Kinde der Fall ist, nur ihr Rand in grösserer oder geringerer Ausdehnung an der Linse an. Durch die Strahlenbrechung erscheint die Iris bei der gewöhnlichen Betrachtung des Auges nach vorn gerückt, der Hornhaut mehr genähert, als sie es wirklich ist. Bei der

chenraum zwischen beiden vorhanden wäre. Bei diesem Experimente kommt die richtige Lage und das Relief der Iris ebenfalls zur Beobachtung. Die Iris zeigt mehr oder weniger Erhabenheiten und Vertiefungen, meist umkreist sehr deutlich den Pupillarrand als eine Erhebung der Circulus arteriosus iridis minor.

• Kennt man den Krümmungsradius im Scheitel der Hornhaut, so kann man die Entfernung der Pupillarebene von dem Hornhautscheitel am lebenden Auge bestimmen, indem man die scheinbare Lage der Iris im Verhältniss zur scheinbaren Lage eines von der Hornhaut gespiegelten Lichtpunktes bestimmt. Mit Verwendung des Ophthalmometers bestimmte HELMHOLTZ hierfür an den drei oben schon erwähnten Augen (S. 802) folgende Werthe in Millimetern:

	I.	II.	III.
Abstand der Pupillarebene vom Hornhautscheitel . .	{scheinbar 3,485	3,042	3,151
	{wirklich 4,024	3,597	3,739
Abstand des Mittelpunktes der Pupille von der Horn-	{scheinbar 0,037	0,389	0,355
hautaxe nach der Nasenseite	{wirklich 0,032	0,333	0,304

### Nervöser Einfluss auf die Pupille.

Der Schliessmuskel der Pupille wird vom Oculomotorius, der Erweiterer vom Sympathicus innervirt. Normal zeigen beide Nerven und Muskeln stets einen gewissen sich gegenseitig paralysirenden Erregungszustand (Tonus); wird der eine der beiden Muskeln, z. B. durch Durchschneidung seines Nerven gelähmt, so überwiegt nun die Wirkung des andern Muskels. Nach Durchschneidung des Sympathicus am Halse ist der Dilator gelähmt, es verengt sich in Folge davon die Pupille, umgekehrt bewirkt eine Durchschneidung des Oculomotorius und Lähmung des Sphincter Pupillenerweiterung. Bei gleichzeitiger, gleich starker Reizung überwiegt die Wirkung des Ringmuskels, die Pupille verengert sich. Die zum Ringmuskel gelangenden Oculomotoriusfasern verlaufen durch das Ganglion ciliare. Die sympathischen Fasern des Pupillenerweiterers entspringen im Rückenmark, im Centrum ciliospinale (DREYER), in der Höhe der unteren Halswirbel und der oberen Brustwirbel. Experimentell erzeugte und pathologische Reizzustände dieser Rückenmarkspartie erweitern die Pupille. Nach KROGOWSKI soll dagegen noch ein oberes Centrum der Pupillenerweiterung höher, wahrscheinlich in der Medulla oblongata, liegen. Am Kopfe verbinden sich die die Pupillen erweiternden Fasern mit dem Nervus Trigemini, seine Reizung erweitert daher die Pupille, und seine Durchschneidung macht die Wirkung der Sympathicusreizung erfolglos. Manche Autoren schreiben aber dem Trigemini, gegen die gegenheilige Angabe ROGOW'S, auch selbständige, pupillen erweiternde Fasern zu, deren Ursprung beim Frosch im Ganglion Gasseri liegen soll (DREYER, ROSENTHAL u. A.).

Beide Pupillen sind normal stets gleich weit (DONDEES). Reizung der Retina und des Opticus verengert die Pupille. Je intensiver der Reiz, z. B. der Lichtreiz ist, der die Retina trifft, um so enger wird die Pupille, wodurch die in den Augengrund eindringende Lichtmenge regulirt wird. Die Verengerung tritt auch nach Reizung des Opticusstammes ein (MAYO). Die Ursache dieser Pupillenverengerung ist eine reflectorische Erregung des N. Oculomotorius, nach Durchschneidung desselben ist die Reizung des Opticus erfolglos. Bei Reizung eines Opticusstammes werden beide Pupillen verengert.

Drehung des Augapfels nach innen bewirkt Pupillenverengerung; im Schlafe (S. 820), wobei die Augen nach innen und oben gedreht sind, ist daher die Pupille verengert. Auch bei der normalen (und krampfhaften, durch Gifte z. B. Kalabar bewirkten) Accommodation für die Nähe ist die Pupille verengert. In beiden Fällen wird die Pupillenverengerung durch Erregung des Oculomotorius bewirkt. Eine gesteigerte Blutzufuhr zur Iris scheint die Pupille zu verengern, man bezieht darauf auch die geringen Schwankungen in der Pupillengrösse mit dem Pulse. Bei Abfluss des Humor aqueus tritt vielleicht auch aus diesem Grunde eine Pupillenverengerung ein (HENSEN und VOLCKERS).



Pupillenerweiterung existiert in der Dyspnoe, erzeugt durch Reizung des Centr. cilio-spinalis, da sie nach vorhergehender Durchschneidung des Sympathicus ausbleibt. In Asphyxie verschwindet sie. Auch starke Erregung sensibler Nerven (BERNARD, WESTPHAL sowie Muskelanstrengungen, vor Allem starke Athembewegungen erweitern die Pupille (MAIN-VIGOUROUX). Bei curarisirten, künstlich respirirenden Hunden und Katzen bringt jede sensible Reizung, sowohl schmerzhaft wie tactile, eine Erweiterung der Pupille hervor, so dass die Pupille als das feinste Reagens auf sensible Erregung angesprochen werden darf (M. S. und P. FOÀ). Nach KNOLL tritt Pupillenerweiterung bei Reizung der vorderen Vierhügel (cf. Cap. XXVI).

Eine Anzahl von Giften zeigt bei örtlicher Anwendung oder bei Einführung in das Auge eine Einwirkung auf die Pupille. Atropin bewirkt durch Lähmung der Oculomotor. Endigungen im Ringmuskel eine Erweiterung der Pupille. Hat man durch lokale Einführung von Atropin die Pupille des einen Auges erweitert, so wird die des anderen gleich verengt. In das atropinisirte Auge fällt eine gesteigerte Lichtmenge ein, die dadurch gesteigerte Reizung seines Opticus resp. seiner Netzhaut, die sich bei ihm nicht geltend machen kann, thut dieses, nach dem oben Gesagten, doch in dem anderen Auge. Durch Nicotina, Kalabar, Morphin etc. wird die Pupille verengt. Man streitet sich noch über Ursache, ob durch Lähmung der Sympathicusenden im Dilator (ROSENTHAL, HIRSCH) oder durch Reizung des Oculomotorius (GRÜNHAGEN). Während der Kalabarwirkung ist die Reizung des Sympathicus erfolglos. Die Atropinwirkung tritt auch nach der Durchschneidung des Ganglion ciliare noch ein (HENSEN). Die Anästhetica, z. B. Chloroform, Aether, Alkohol verengern zuerst und erweitern dann die Pupille.

### Die Retina.

Die Retina, Netzhaut, ist die flächenhafte Ausbreitung des Sehnerv im Auge. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Retina als ein in das Sinnesorgan vorgeschobener Abschnitt des Gehirns angesprochen werden muss. Im frischen Zustand vollkommen durchsichtig, nimmt sie nach dem Tode ein weissliches und trübes Aussehen an (über Retinalpigment cf. unten). Die dickste (0,22 mm) ist sie im Hintergrund des Auges, besonders am gelben Fleck, sie verdünnt sich bis zur Ora serrata (0,09 mm), verliert hier ihre nervöse Beschaffenheit und verbindet sich von hier an innig mit der Aderhaut und der Glashaut des Glaskörpers unter dem Namen der Pars ciliaris retinae. In der Tiefe des Auges, etwas nach innen, zeigt sich die Eintrittsstelle des Opticus als weisse, central von Gefässen durchsetzte Kreissehe. Etwas nach aussen, d. h. nach der Schläfenseite hinüber, zeigt sich als gelber Fleck die Macula lutea Retinae mit der Fovea centralis, die Stelle des deutlichsten, direkten Sehens (S. 812).

Die Netzhaut besteht aus Nervenfasern, in deren Verlauf Nervenzellen verschiedener Form (grössere Ganglienzellen und kleinere sogenannte Körnerzellen) eingeschaltet sind. Das periphere Ende der Nervenfasern ist durch eigenthümliche Endapparate, die Stäbchen und Zapfen der Retina, ausgezeichnet, welche mosaikartig nebeneinander stehend von pigmentirten Scheiden umgeben sind. Die nervösen Elemente, deren Fasern mit den Nervenfasern der weissen Substanz des Gehirns und Rückenmarks entsprechend sind, sind in ein spongiöses bindegewebiges Gerüst eingebettet, welches Aehnlichkeit mit dem der nervösen Centralorgane zeigt, in ihm finden sich Blut- und wahrscheinlich auch Lymphgefässe.

verschiedenen nervösen Gewebselementen (Larve) sind in der Netzhaut schichtweise, zur Oberfläche derselben gelagert (Fig. 194).

innerste, dem Glaskörper aufliegende Schicht bildet die Grenzschicht der Retinalsubstanz, die Membrana limitans in-

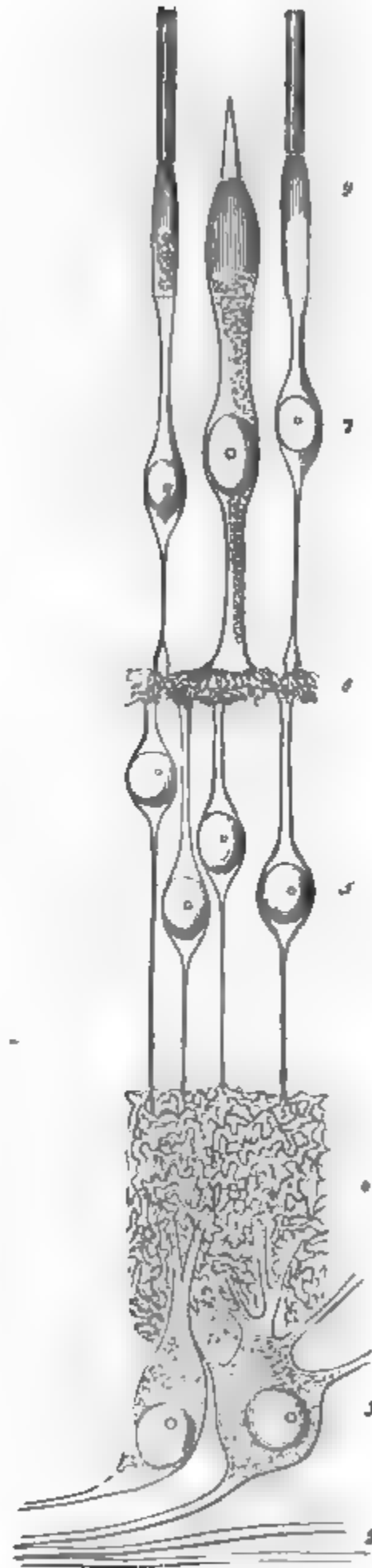
zweite Schicht ist die Schicht der Optic-fasern. Die Fasern verbreiten sich von der kraterförmig vertieften Eintrittsstelle aus über die Netzhaut, indem sie nur den Fleck umgehen. Sie sind von sehr verschiedener Dicke von noch weniger als 0,5 Mik. (1 Mik. 1 mm) bis zu 3—5 Mik. Alle neigen beim Anbruch zur Bildung perlchnurartiger Varikositäten. Sie scheinen Axencylinder ohne Markhülle zu sein. Gegen die Ora serrata zu wird ihre Schicht

die dritte, oder die Schicht der Ganglienzellen wird von einer, an den meisten Stellen in einer Lage von verschiedenen grossen Nerven gebildet. In der Umgebung der Macula liegen zwei bis drei, in dem gelben Fleck eine grössere Anzahl über einander. Ihre Grösse beträgt von 15—30 Mik. und mehr. Sie zeigen eine starke Verästelung (Corti) und das übrige sind die Ganglienzellen der Centralorgane. Die Fortsätze dieser Zellen stimmen zum Theil mit dem Verlauf der Fasern der Opticusfaserschicht ganz überein und es lässt sich in Verbindung mit den Verhältnissen der Zellen zu der Faserschicht an einem directen Uebergang von den Fasern in die Zellen zweifeln.

vierte, 0,3—0,4 mm dicke Schicht ist eine feine granulierte Schicht. Zwischen der Binde- und der inneren Körnerschicht angehörig. Zwischen der Binde- und der inneren Körnerschicht befindlich. Verschwindend dünne, oft vielfach verästelte Nervenfasern eingelagert. Auch Ganglienzellenausläufer ragen in diese Schicht hinein. Sie gehen zum Theil in unmessbare Nervenfasern über, am gelben Fleck aber scheiden sich dickere Fasern bis in die äussere Körnerschicht einzuordnen (KÖLLIKER, GERLACH, MERKEL).

fünfte Schicht ist die Schicht der inneren Körner. Diese Körner sind verschieden, sie liegen zum Theil dem Bindegewebe an, zum Theil aber mit wahren, meist radiär verlaufenden

Fig. 194.



Schematische Darstellung der Netzhautschichten und des Zusammenhangs der Nervenfasern in der Netzhaut. 2 Optic-fasern, 3 Ganglienzellen, 4 innere granulierte, 5 innere Körnerschicht, 6 äussere granulierte, 7 äussere Körnerschicht, 9 Stäbchen und Zapfen.

fenden Nervenfibrillen in Verbindung. Diese etwas verschieden grossen sind als kleine bipolare Ganglienzellen aufzufassen. {Der von unten her herantretende Fortsatz soll wenigstens in der Macula lutea dünner sein oben abtretende, was sich bei allen fadenförmigen Fortsätzen in der wiederholt (MERKEL). Die Masse des Protoplasmas der »Körner« ist gegen den Kern verhältnissmässig sehr gross.

Die sechste Schicht ist die etwa 10 Mik. dicke äussere granulierte Schicht (HENLE) (Zwischenkörnerschicht), welche die innere Körnerschicht der äusseren Körnerschicht trennt. Das granulirte Aussehen, das sie mit der viel dickeren inneren granulirten Schicht gemeinsam zeigt, rührt von der gewebigen Grundlage her, in welcher ebenfalls ausserordentlich feine Fasern verlaufen. Die Fasern entwickeln sich theils aus den peripherischen Fortsätzen der inneren Fasern theils aus den Stäbchen- und Zapfenfasern.

Die siebente Schicht ist die äussere Körnerschicht. Die Körner sind kernhaltige Anschwellungen der von den Stäbchen und Zapfen gegen die äussere granulirte Schicht verlaufenden Fasern, der sogenannten Stäbchen- und Zapfenfasern, d. h. kleine bipolare Ganglienzellen.

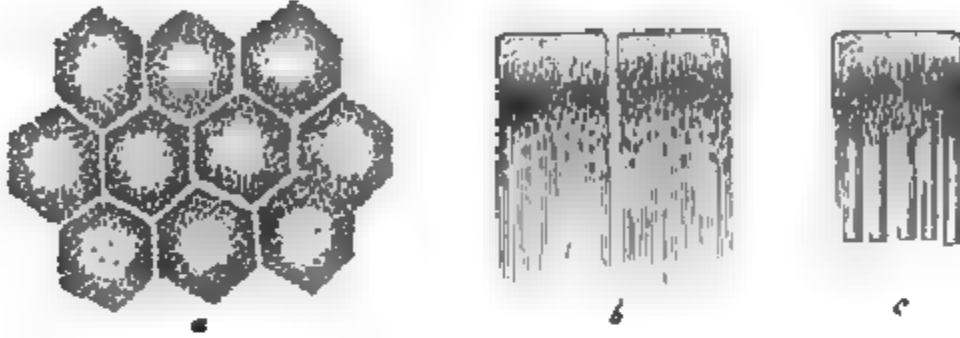
Die achte Schicht ist die der Limitans interna analoge Limitans interna. Sie trennt an Netzhautquerschnitten als eine scharfe Grenzlinie die äussere Körnerschicht von der neunten Schicht, der Stäbchen- und Zapfenschicht. Die Stäbchen sind cylindrisch, 50—60 Mik. lang und 2 Mik. dick. Sie stehen sehr dicht an einander; in die engen Zwischenräume, welche zwischen den Stäbchen z. Thl. durch ihre cylindrische Gestalt bedingt, bleiben, schieben sich die Zellen der Pigmentschicht ein. In ziemlich regelmässigen Abständen stehen in dem peripherischen Theile der Netzhaut zwischen den Stäbchen die Zapfen, meist so, dass der gerade Abstand zweier Zapfen von 4—5 Stäbchen ausgefüllt ist. Die Dicke der Zapfen an der Basis beträgt hier 6—7 Mik. Nach aussen verdicken sie sich öfters noch ein wenig, verschärfen sich dann allmählig und gehen in eine konische Spitze aus. Die Zapfen sind kürzer als die Stäbchen, beide verkürzen sich etwas gegen die Ora serrata. Sowohl an Stäbchen als Zapfen unterscheidet man nach W. KRAUSE Aussen- und Innenglied. Das Aussenglied ist bei beiden Formen durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet. Die Grenze zwischen Aussen- und Innengliedern benachbarter Stäbchen liegt in ziemlich gleicher Höhe, während bei den Zapfen die Grenze tiefer liegt, d. h. also weiter vorne, da das Innenglied der Zapfen durchgehends um etwa 6 Mik. kürzer ist als das Innenglied der Stäbchen, auch das Aussenglied der Zapfen im Durchschnitt kürzer als das der Stäbchen.

Die zehnte und letzte Schicht der Retina bildet die Schicht der Pigmentzellen (Pigmentepithel), welche früher als innere Pigmentschicht der Choroidea beschrieben wurde. Die Entwicklungsgeschichte und Function weist auf die Retina hin. Die Pigmentschicht besteht aus regelmässig sechsseitigen Zellen. Die äussere, an die Choroidea grenzende, meist den kugeligen Kern enthaltende Theil jeder Zelle ist pigmentarm oder sogar farblos; der innere Theil der Zelle, der sich mit dem krystallinisch-körnigen Pigmente erfüllt zeigt, sendet äusserst vergängliche Fortsätze zwischen die Aussenglieder der Stäbchen.

mpfen und umhüllt die einzelnen Aussenglieder mit pigmentirten Scheiden. Diese Fortsätze der Pigmentzellen zerfallen an ihrem Ende in zahllose, oft ganz farblose feine Fäden, welche sich bis an die Grenze zwischen Aussen- und Innenglied herab verfolgen lassen.

Die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen (M. SCHULTZE) lassen schon schon eine feine Querstreifung erkennen und zerfallen durch Quellung in feine Querscheibchen, die bei den Zapfen etwas dicker sind als bei den Stäbchen. Auch eine Längsstreifung ist sich an den Aussengliedern (HENSEN). Auch die Innenglieder der Stäbchen

Fig. 195.



der Pigmentschicht der Netzhaut des Menschen. *a* von der Fläche gesehen im Zusammenhang, *b* von der Seite gesehen mit den langen haarförmigen, theils pigmentirten, theils pigmentfreien Fortsätzen, *c* eine Zelle ebenso von der Seite gesehen, in welcher Aussenglieder von Stäbchen festhängen.

Die Zapfen zeigen eine oberflächliche Längsstreifung, welche von einer dem Bindegewebe zugehörigen Faserhülle herrührt, welche die Stäbchen und Zapfen einhüllt (cf. unten). Der obere Theil der Innenglieder, sowohl der Zapfen als der Stäbchen, ist erfüllt durch eine Masse feinsten, in der Längsrichtung verlaufender Fibrillen, welche, ehe sie die Limites externa erreichen, scharf abgegrenzt endigen. Die Zapfenfasern, die dicker sind als die Stäbchenfasern, zeigen wie dicke Axencylinder eine feine Längsstreifung.

**Stäbchen und Zapfen als lichtbrechende Apparate.** — Nach ZENKER'S Beobachtung gibt es einen Unterschied zwischen dem Brechungsindex der Mantelfläche und des Innern der Zapfen. Er schätzt die Indices zwischen 1,33 bis 1,5, W. KRAUSE zwischen 1,45 bis 1,47. BAÜCKE haben Stäbchen und Zapfen einen sehr wesentlichen Einfluss auf den Gang der Lichtstrahlen im Auge. Das von einem leuchtenden Punkt ausgehende in das Auge fallende Licht durchsetzt die inneren Schichten der Retina und gelangt zu einem Stäbchen oder Zapfen und durch diesen hindurch an das Pigment der Retina. Hier wird es zum grossen Theil absorbiert, der Rest geht aber durch dasselbe Retinalelement, Stäbchen oder Zapfen, zurück, das es beim Einfallen gekommen, wenigstens zum grössten Theil zurück. Der Grund liegt in der totalen Reflexion, welcher dieses zurückkehrende Licht in den Stäbchen und Zapfen resp. deren Aussengliedern erfährt. Bekanntlich werden sehr schief, d. h. unter einem Einfallswinkel, auffallende Lichtstrahlen, welche aus einem stärker lichtbrechenden Medium in ein schwächer lichtbrechendes Medium verlaufen, total reflectirt. Nach BAÜCKE werden die stark lichtbrechenden Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen durch die schwächer lichtbrechenden dazwischen geschobenen Gewebe (Faserhülle, Pigmentscheiden, BAÜCKE'Sche Substanz) von einander getrennt. Letztere werden von allem Licht, welches in eines der Stäbchen- oder Zapfenaussenglieder eingetreten ist, unter sehr grossem Einfallswinkel getroffen, es wird also an den Grenzflächen total reflectirt und muss auf demselben Weg, auf dem es gekommen, d. h. durch dasselbe Stäbchen oder denselben Zapfen, den es schon beim Einfallen getroffen, zurückkehren. Diese Angaben BAÜCKE'S werden durch das in neuerer Zeit entdeckte verschiedene Brechungsvermögen der Mantel- und Innenschichten der Stäbchen noch weiter erhärtet.

Die stützende Blatzensubstanz der Netzhaut, welche mit der des Sehnerven in Verbindung steht, bildet als Gerüst die eingelagerten nervösen Elemente. Denken wir uns die letzteren weg

oder, was theilweise möglich ist, entfernen wir sie künstlich, so bleiben mehr oder weniger unregelmässig gestaltete Gerüstmaschen zurück, entsprechend der Verschiedenheit der Netzhautschichten bildenden nervösen Elemente auch verschiedene Schichten bilden. Allgemeinen besteht die Binde substanz aus Fasern und membranösen Platten. Man scheidet zunächst die beiden obengenannten Grenzmembranen. Zwischen Limitans und Externa stehen, wie die Säulen zwischen Fussboden und Decke (M. SCHULTZE), die Faserzüge, die bindegewebigen Stützfasern, welche, je nach den Schichten der Netzhaut wechselnd, durch ein gröberes oder feineres, an das Gewebe eines Schwammes erinnerndes Maschennetz seitlich mit einander verbunden werden. In der inneren Körnerschicht enthält die grösste Anzahl der Stützfasern einen ovalen Kern mit deutlichen Kernkörperchen eingelagert, es ist das die oben erwähnte zweite Art von Körnern der inneren Schicht. Die Limitans externa ist keine isolirbare Membran, sie hängt auf das Innere der Netzhaut, auch die Limitans interna, mit der gesammten Binde substanz der Netzhaut zusammen. Von der Limitans externa ragt eine Unzahl feiner bindegewebiger Fäserchen heraus, welche die »Faserkörbe« die Stäbchen und Zapfen von unten her scheidenartig umfassen und die oberflächliche Längsstreifung derselben veranlassen (M. SCHULTZE).

**Macula lutea und Fovea centralis.** Der Ort des directen Sehens, der gelbe Fleck mit der Centralgrube, ist in dem abgestorbenen Auge durch seine gelbe Färbung ausgezeichnet; sie rührt von einem diffusen gelben Farbstoff her, welcher mit Ausnahme der Stäbchen und Zapfenschicht und der äusseren Körnerschicht in allen Schichten verbreitet ist. HERM. SCHMIDT constatirte diese gelbe Farbe im Leichenaugen eine dunkel braunrothe im lebenden Auge entspricht (cf. Retinalpigment). An der dem Glaskörper zugewandten Fläche vertieft sich die Macula lutea zu der Fovea centralis, hier ist der Farbstoff am intensivsten. Die Netzhaut ist am gelben Fleck am dicksten, hier die Binde substanz an Mächtigkeit abnimmt und die Nervenfasern zusammenhängende Schicht fehlen. Am ansehnlichsten verdickt erscheint die Schicht der Ganglienzellen und die innere, nur Fasern enthaltende Abtheilung der äusseren Körnerschicht. Schon in der Umgebung des gelben Flecks werden die Stäbchen zwischen den Zapfen immer seltener, der gelbe Fleck selbst besteht aus nur Zapfen, welche gegen die Centralgrube zu immer dünner werden. Die Centralgrube, circa 0,2 mm Durchmesser, sind sie alle gleich dick und nur die Dicke von Stäbchen. Auf dem gelben Fleck stehen die Zapfen in Bogenlinien, welche nach der Centralgrube zu convergiren. Die Länge der Zapfen nimmt mit der Dickenabnahme zu, die Länge der Ästglieder wird der der Stäbchen gleich. Die dünnsten Zapfen der Fovea centralis frisch an ihrer Basis im Durchschnitt 3 Mik. (M. SCHULTZE). WELCKER bestimmt ihre Dicke zu 3,4 bis 3,6 Mik., im Mittel zu 3,3. Die langen konischen Ästglieder spitzen sich gegen die Choroidea bis auf 4 Mik. und darunter stecken in Pigmentscheiden, die hier eine besonders dunkle Färbung zeigen.

Die Zapfenfasern verlaufen in dem gelben Fleck nicht mehr radiär zu den Sinnesorganen der Netzhaut, sie nehmen schon ausserhalb der Grenze des gelben Flecks eine schief horizontale Richtung an. Der Grund dafür liegt darin, dass der Centralgrube die Schichten der Netzhaut, mit Ausnahme der Zapfen und der äusseren Körnerschicht (bis auf ein Minimum) fehlen. Die zu den äusseren Körnern gehörigen inneren Körnerschicht und übrigen Netzhautelemente liegen ausserhalb der Centralgrube, ihre Fasern müssen daher, um den Anschluss zu erreichen, einen schiefen Verlauf annehmen. Die Ganglienzellen der Macula sind meist bipolar (MERKEL u. A.); der hier sehr zarten Binde substanz



alen die Stützfasern, dagegen ist die Limitans interna in der Macula selbst ansehnlich verdickt, in der Centralgrube verdünnt sie sich wieder bedeutend.

In der Nähe der Ora serrata schwinden die nervösen Netzhautbestandtheile mehr und mehr, während das Bindegewebe mit den Stützfasern und dem spongiösen Netze die Hauptmasse der Membran darstellt. Die Netzhautschichten verdünnen sich und verlieren ihre spezifischen Eigenschaften. Die Stäbchenschicht hört endlich scharf auf, und die übrigen nervösen Retinalschichten reduciren sich auf eine einfache Schicht von Zellen, welche die zwischen der Pigmentschicht und der Zonula Zinnii liegende Pars ciliaris retinae darstellt. Diese Zellschicht scheint eine Fortsetzung des indifferenten Stützgewebes der Netzhaut zu sein. Im Allgemeinen sind ihre Zellen langgestreckt, prismatisch und ähneln im Zusammenhange einem hohen Cylinderepithel, ihr äusseres Ende ist glatt abgestutzt, nach innen endigen sie unregelmässig, öfters verästelt (H. MÜLLER, M. SCHULTZE). Auch die Limitans setzt sich fort.

**Die Gefässe der Netzhaut:** Arteria und Vena centralis retinae, treten durch die Axe des Sehnerven in die Netzhaut ein und verästeln sich von der Eintrittsstelle aus baumförmig nach allen Richtungen. Anfangs ist ihre Lage nahe unter der Grenzmembran in der Schicht der Nervenfasern, später dringen sie auch (was noch bestritten wird) zwischen die Nervenfasern und die fein granulirte Schicht ein, wo sie sich zu einem weitmaschigen Kapillarnetz verästeln. In den gelben Fleck treten keine grösseren Gefässe, die Netzhautgrube enthält einmal Kapillargefässe, sie ist von einem Kranz kapillarer Endschlingen umgeben. Nach SCHWALBE sind die Capillaren und Venen der Netzhaut von perivascularer Lymphflüssigkeit umhüllt.

**Die Durchmesser der wichtigsten Netzhautelemente nach mm.** Nach den Messungen von KRAUSE, E. H. WEBER, BRÜCKE, KÖLLIKER, VINTSCHGAU, M. SCHULTZE. Die Durchmesser für Stäbchen und Zapfen cf. oben. Durchmesser der Eintrittsstelle des Sehnerven von 1,7—2,7; Durchmesser des Gefässstranges darin 0,63—0,7; Entfernung der Mitte des Sehnerven von der Mitte des gelben Flecks 2,25—3,8; horizontaler Durchmesser des gelben Flecks 2,25—2,5; vertikaler 0,84; Durchmesser der Netzhautgrube 0,48—0,225; Dicke der Netzhaut am Orte des Sehnerven 0,22, am Aequator 0,084, am vorderen Rande 0,09; Dicke der Schichten des gelben Fleck. Nervenzellen 0,104—0,147, feinkörnige Schicht 0,045, innere Körnerschicht 0,058, Zwischenkörnerschicht 0,86, äussere Körnerschicht 0,038, Zapfenschicht 0,067; Durchmesser der Nervenzellen 0,009—0,022, der Körner 0,004—0,009. Ein Mik. = 0,001 mm.

**Die Zonula Zinnii** in den beiden folgenden Paragraphen.

**Die Pigmente der menschlichen Retina.** Sehpurpur. — Ueber die Art und Weise, wie die Lichtstrahlen die physiologische Reizung der Retina hervorzubringen, haben die Beobachtungen der letztvergangenen Jahre wichtige Aufschlüsse gebracht. Die Physik definirt die Lichtstrahlen als Wellenbewegungen des »Lichtäthers«. Die vor- du Bois-REYMOND'sche Periode der Nervenphysiologie suchte in analogem Sinn aus Wellenbewegungen eines hypothetischen »Nervenäthers« die inneren nervösen Vorgänge zu erklären. Die Wellenbewegungen des Lichtäthers konnte man sich nach dieser Anschauung für die Reizung der Opticusfaser direct umgesetzt denken in Wellenbewegungen des Nervenäthers. Nach diesem Principe schienen sich die verschiedenen Qualitäten der Nervenirritation bei der Farbenempfindung auf analoge Verschiedenheiten in der Bewegung des Nervenäthers zurückführen zu lassen, wie jene, auf denen nach den physikalischen Anschauungen die objective Verschiedenheit der Spectralfarben beruht. Diese scheinbar wohlbegründete physikalische Theorie der Netzhautirritation musste mit der Beseitigung des Nervenäthers

durch die Entdeckung der Nervenelectricität und des wahren Baues der Nervenfasern fallen.

In neuerer Zeit stehen sich zwei Hypothesen gegenüber: eine physikalische, welche annimmt, dass das Licht dadurch, dass es sich in Wärme umsetzt, zu einem Nervenreiz werde, und eine chemische, welche in der Retina eine Art von photographisch empfindlicher Substanz sieht und, durch Zersetzung in der Retina enthaltener Stoffe, chemische Reize unter der Einwirkung des Lichtes sich bildend denkt.

Die chemische Hypothese hat durch die Entdeckung eine wesentliche Stütze gefunden, dass wirklich in der Retina unter der Einwirkung des Lichtes zwar in verschiedener Intensität je nach der Wellenlänge der Farbe chemische Zersetzungen eintreten, und dass im Auge, wie in der Camera obscura, optische Bilder der sich als Optogramme auf der Netzhaut fixirt demonstriren lassen. Es ist aber noch keineswegs erwiesen, dass wir gerade in diesen bis jetzt bekannten chemischen Zersetzungen durch das Licht resp. in den durch Zersetzung gebildeten Stoffen die physiologischen Reize der Retinalfasern kennen haben. Im Gegentheil warnen manche Erfahrungen vor einem voreiligen Schlusse.

Die neue Wendung in dieser Frage wurde durch die Entdeckung des Retinalpigments, des Sehpurpurs, eingeleitet — FR. LEYDIG hat eine rothliche Färbung der Retinalstäbchen bei Amphibien und Salamandern und mehreren wirbellosen Thieren (Insekten, Krebsthieren) als eine constante Lebensseigenthümlichkeit erkannt und beschrieben. Man machte auf diese Beobachtung für die Retina der Ratten, Eulen und Fledern u. a. gelegentlich wieder aufmerksam; FR. BOLL machte die Entdeckung, dass die Retina der meisten Wirbelthiere und jener Wirbellosen, welche eine ausgebildete Stäbchenschicht besitzen, nur wenn einige Zeit vor der Untersuchung im Dunkel gehalten, diese Rothfärbung zeige und dass dieselbe im Licht ausbleiche. Dadurch wurde die Frage über das Retinalpigment im Zusammenhang mit der physiologischen Diskussion über den Sehact gestellt, an der sich vor allem W. KÜHNE mit EWALD, MAYS, AYNES erfolgreich betheiligte. KÜHNE beobachtete zuerst die ziemlich dunkle rothe Farbe der im Fixiren gehaltenen Menschenretina. BOLL bemerkte, dass eine theilweise befeuchtete Retina nur in dem direct vom Lichte getroffenen Abschnitt ihre Rothfärbung verliert; KÜHNE gelang es, durch diese partielle Bleichung scharf gezeichnete Umrisse beleuchteter Gegenstände, wie Ladenöffnungen, Fensterkreuze, also wahre Optogramme, auf der Netzhaut der Augen frisch getödteter Thiere, d. h. das Bildchen wenigstens im Umriss zu fixiren, was durch das Auge von den beleuchteten Objecten auf der hinteren Fläche der Retina bewirkt wird. Die rothe Färbung der Retina, von Hamoglobin vollkommen verschieden (BOLL), rührt von einem bisher unbekannten Farbstoff her, welcher aus den Netzhäuten dargestellt und als Sehpurpur bezeichnet wurde. Bei trichterförmiger Lösung ist der Farbstoff dunkelviolet, in verdünnter rosenroth. Unter der Einwirkung des Lichtes bleicht der Sehpurpur ausserhalb der Retina rasch; dieser selbst, er geht dabei meist durch Chamois in Gelb und dann

durch die Entdeckung der  
venfaser fallen.

In neuerer Zeit stehen  
fische, welche annimmt  
Wärme umsetzt, zu ein  
these, welche in der Ret  
sieht und, durch Zerset  
Reize unter der Einwirk

Die chemische Hypothese  
gefunden, dass wirklich  
zwar in verschiedener Art  
wie auf der lichtempfindl  
eintreten, und dass im An  
der sich als Optogramm  
ist aber noch keineswegs  
ten chemischen Zersetzun  
setzung gebildeten Stoffen  
kennen haben. Im Gegen  
voreiligen Schlusse.

Die neue Wendung in  
then Retinalpigments, des  
eine rötliche Färbung  
und Salamander) und me  
eine constante Lebens eig  
mache auf diese Beobacht  
poden u. a. gelegentlich w  
dass die Retina der  
welche eine ausgebildete  
einige Zeit vor der

Die chemische Hypothese  
gefunden, dass wirklich  
zwar in verschiedener Art  
wie auf der lichtempfindl  
eintreten, und dass im An  
der sich als Optogramm  
ist aber noch keineswegs  
ten chemischen Zersetzun  
setzung gebildeten Stoffen  
kennen haben. Im Gegen  
voreiligen Schlusse.

Die chemische Hypothese  
gefunden, dass wirklich  
zwar in verschiedener Art  
wie auf der lichtempfindl  
eintreten, und dass im An  
der sich als Optogramm  
ist aber noch keineswegs  
ten chemischen Zersetzun  
setzung gebildeten Stoffen  
kennen haben. Im Gegen  
voreiligen Schlusse.

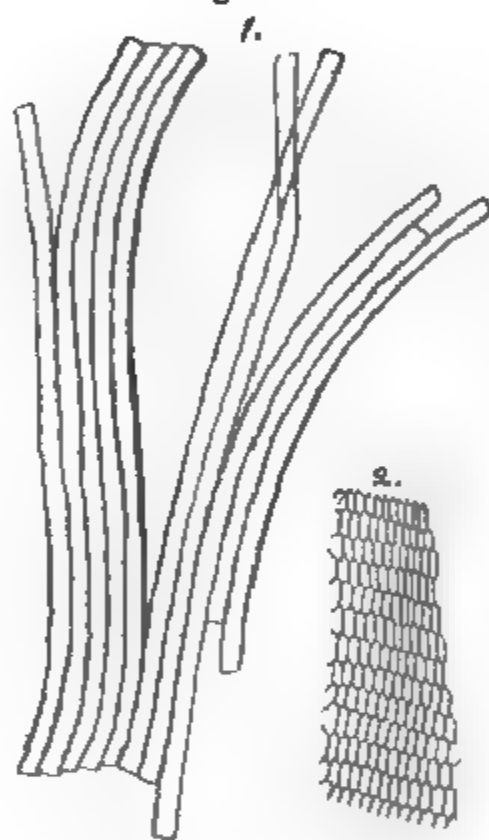


Epithel, eine bis gegen den Linsenäquator hinaufreichende Schicht von Zellen. Letztere sind auf der Vorderfläche der Linse einschichtig und erscheinen frisch vollkommen structurlos. Die Linse besteht aus den Linsenfasern, sie sind nichts anderes als ausgezogene, metamorphosirte Zellen der eben beschriebenen Schichten.

Diese Zellen verlängern sich zuerst in der Nähe des Äquators, dann wächst ihre Länge fort und fort, und sie gehen aus der senkrechten schrägen Stellung über, ihre vorderen Enden biegen sich nach hinten zu den Schichten der inneren Epithelzellen zu.

In den Fasern vereinigen sich die Fasern zu concentrischen Schichten, wie die Schalen der Zwiebel decken; die Enden der Fasern kommen von der entgegengesetzten Seite herkommenden in einer Schicht zusammen. Bei dem Menschen umgreifen die Fasern immer nur

Fig. 497.



Linsenröhren oder Linsenfasern. 1. Vom Ochsen mit leicht zackigen Rändern. 2. Querschnitt der Linsenröhren vom Menschen. 350mal vergr.

zwar so, dass die »Nähte« eine Art Stern darstellen, anse des Neugeborenen und im Linsenkern der Erwachsenen Strahlen erkennen lässt, welche mit einander

Der Stern der hinteren Fläche ist zu dem der vorderen den äusseren Schichten spalten sich bei dem Er- vielfach in Nebenstrahlen, so dass viel verwickeltere

Fig. 497) sind lange, platte, auf dem Querschnitte liegen, indem die etwas ausgezähnelten Bänder der einen greifen, dicht neben einander. Auf dem Querdurchmesser der Fasern 0,0056—0,0112 mm, der

durch die Entdeckung der Nervenelectricität und des wahren Baues der Nervenfasern fallen.

In neuerer Zeit stehen sich zwei Hypothesen gegenüber: eine physikalische, welche annimmt, dass das Licht dadurch, dass es sich im Auge in Wärme umsetzt, zu einem Nervenreiz werde, und eine chemische Hypothese, welche in der Retina eine Art von photographisch empfindlicher Platte sieht und, durch Zersetzung in der Retina enthaltener Stoffe, chemische Reize unter der Einwirkung des Lichtes sich bildend denkt.

Die chemische Hypothese hat durch die Entdeckung eine wesentliche Stütze gefunden, dass wirklich in der Retina unter der Einwirkung des Lichtes, und zwar in verschiedener Intensität je nach der Wellenlänge (der Farbe) desselben wie auf der lichtempfindlichen Platte des Photographen, chemische Zersetzung eintreten, und dass im Auge, wie in der Camera obscura, optisch erzeugte Bilder sich als Optogramme auf der Netzhaut fixirt demonstrieren lassen. Das ist aber noch keineswegs erwiesen, dass wir gerade in diesen bis jetzt bekannten chemischen Zersetzungen durch das Licht resp. in den durch diese Zersetzung gebildeten Stoffen die physiologischen Reize der Retinafasern anerkennen haben. Im Gegentheil warnen manche Erfahrungen vor einem solchen voreiligen Schlusse.

Die neue Wendung in dieser Frage wurde durch die Entdeckung des Retinalpigments, des Sehpurpurs, eingeleitet. — FR. LEYDIG hatte zuerst eine röthliche Färbung der Retinalstäbchen bei Amphibien (Frosch und Salamander) und mehreren wirbellosen Thieren (Insekten, Krebsen) als eine constante Lebesenseigenthümlichkeit erkannt und beschrieben. M. SCHULTZE machte auf diese Beobachtung für die Retina der Ratten, Eulen und Cephalopoden u. a. gelegentlich wieder aufmerksam; FR. BOLL machte die Entdeckung, dass die Retina der meisten Wirbelthiere und jener Wirbellosen, welche eine ausgebildete Stäbchenschicht besitzen, nur wenn dieselbe einige Zeit vor der Untersuchung im Dunkel gehalten wurden, diese Rothfärbung zeige und dass dieselbe im Licht ausbleiche. Dadurch wurde die Frage über das Retinalpigment in den Vordergrund der physiologischen Diskussion über den Sehact gestellt, an welcher sich vor allem W. KÜHNE (mit EWALD, MAYS, AYRES) erfolgreich betheiligte. KÜHNE beobachtete zuerst die ziemlich dunkle rothe Farbe der im Finstern gehaltenen Menschenretina. BOLL bemerkte, dass eine theilweise belichtete Netzhaut nur in dem direct vom Lichte getroffenen Abschnitt ihre Rothfärbung verliert; KÜHNE gelang es, durch diese partielle Bleichung scharf gezeichnete Umrisse beleuchteter Gegenstände, wie Ladenöffnungen, Fensterkreuze u. s. w. also wahre Optogramme, auf der Netzhaut der Augen frisch geschlachteter Thiere, d. h. das Bildchen wenigstens im Umriss zu fixiren, welches das Auge von den beleuchteten Objecten auf der hinteren Fläche der Retina entwirft. Die rothe Färbung der Retina, von Hämoglobin vollkommen verschieden (BOLL), rührt von einem bisher unbekannten Farbstoff her, welchen KÜHNE aus den Netzhäuten darstellte und als Sehpurpur bezeichnete. In concentrirter Lösung ist der Farbstoff dunkelviolett, in verdünnter rosa. Unter der Einwirkung des Lichtes bleicht der Sehpurpur ausserhalb der Retina wie dieser selbst, er geht dabei (meist) durch Chamois in Gelb und dann ins Far-



über (BOLL). KÜHNE konnte auch den durch Licht veränderten Farbstoff herstellen, er benennt ihn als Sehgelb und das farblose Endprodukt, welches nach Belichtung des Sehgelb erzeugt wird, Sehweiss. Die Purpurfarbe haftet in der lebenden Retina in den Aussengliedern der Stäbchen, obwohl der Retinalzapfen durchgängig der Sehpurpur mangelt, wie KÜHNE annimmt, ist noch nicht vollkommen sicher gestellt zu sein. KÜHNE vermisste den Sehpurpur in der Netzhaut der Ringelnatter, welche nur Zapfen besitzt, auch in den zapfenreichen Augen der meisten Vögel und Reptilien, namentlich bei den Farnvögeln, welche an der Basis der Zapfenaussenglieder gefärbte Oeltropfen besitzen (cf. unten S. 846), lässt sich der Sehpurpur meist nicht oder nur spurhaft auffinden. Dagegen ist die Retina der Nachtraubvögel, namentlich der Farnvögel (M. SCHULTZE), tief purpurroth gefärbt. Das Ausbleichen des Sehpurpurs durch Licht ist ein chemischer Vorgang, der unter Mitwirkung von Sauerstoff und auch durch Electrolyse (VALENTIN), durch Essigsäure (BOLL), durch Ozon im Dunkeln (KÜHNE und EWALD) erfolgt, also eine Oxydation. Damit war ein Beweis geliefert, dass das Licht als solches chemische Wirkungen in der Retina hervorbringt. Die Studien BOLL's über die Einwirkung des Lichtes verschiedener Wellenlänge ergaben, dass es nicht die chemischen Strahlen des Spectrums sind, welche die Veränderung des Sehpurpurs veranlassen, da die violetten Strahlen vollkommen wirkungslos bleiben. Die ersten Angaben BOLL's, dass unter der Einwirkung des Lichts verschiedener Wellenlänge der Sehpurpur sich der einwirkenden Lichtwellenlänge entsprechend verfärbte, also roth in gelb, grün, blau, violett übergehe, fanden keine Bestätigung. KÜHNE wie BOLL, dass der Sehpurpur in concentrirteren Lösungen von dem Lichte des Spectrums Alles absorbirt, ausser roth, orange und gelb, in grösster Vertheilung des Farbstoffs verschwindet vom Spectrum zuerst das Gelbgrün. Das sichtbare Licht bleicht den Sehpurpur, aber bei gleicher Intensität in sehr verschiedener, der eben erwähnten Absorption des monochromatischen Lichts entsprechender Weise, roth am wenigsten. KÜHNE ist geneigt, die Bleichung des Sehpurpurs keine eigentlich active Rolle bei dem Akte der Lichtempfindung, namentlich der Farbenempfindung zuzuschreiben, da das Sehgelb, welches durch längeren Aufenthalt im Lichte entpurpurt ist, doch noch Licht- und Farbenempfindungen fähig sei und der Ort des directen Sehens, die nur Zapfen führende Fovea centralis und ihre nächste Umgebung, die Macula lutea, keinen Sehpurpur besässen. Doch sind über die letzte Angabe die Meinungen noch keineswegs geschlossen. HORNER sah die Fovea des Menschauges als kirschroth, auch KÜHNE bemerkte darauf hin eine Färbung, welche er nicht als kirschroth gelten lässt. SCHMIDT-RIMPLER beobachtete, dass die Macula lutea während des Lebens gelb gefärbt sei, und KÜHNE konstatierte, dass das Sehgelb, wie auch das Sehbrown, in den Zellen des Retinalepithels, analog wie der Sehpurpur, lichtempfindlich sind, vom Licht zersetzt und gebleicht werden. Mit AYRES bestätigte er seine schon anfänglich gemachte Beobachtung, dass die Bleichung der Retina im lebenden Auge langsamer als an ausgeschnittenen, nicht mehr vom Blute durchströmten Auge erfolgt, und dass der vom Lichte gebleichte, zersetzte Sehpurpur sich im lebenden Auge wieder ersetzt und zwar aus dem Pigmentepithel der Retina. In der vollkommen gebleichten Retina findet kein Ersatz des Sehpurpurs mehr

statt, daher geben nur todte Augen scharfe Optogramme. Die Absonderung des Sehpurpurs vergleichen beide Autoren mit einer Sekretion. Pilocarpin, welches die meisten Sekretionsprocesse steigert, beschleunigt auch den Ersatz des Sehpurpurs im lebenden Auge, doch konnte directer Nerveneinfluss vom Sympathikus oder Trigeminus aus nicht nachgewiesen werden. An der in den verschiedenen Netzhautpartien verschiedenen Empfindungsfähigkeit für Roth scheint sich nach KÜHN<sup>e</sup> der Sehpurpur nicht direct zu betheiligen. Er kommt nämlich an der Retina des Menschen (dagegen doch an der des Rindes) keine stufenweise Abnahme der Rothfärbung constatiren, letztere hört etwa 2—4 mm weit von der Ora serrata mit scharfem Rande auf, sodass hier eine farblose Stäbchen führende Randzone existirt. —

Kälte und höhere Wärme ( $-60^{\circ}\text{C.}$  und  $+50 - 600^{\circ}\text{C.}$ ) zerstören den Sehpurpur (VALENTIN).

Auch die gelben, gelbgrünen, grünen, rubinrothen Pigmente in den Fettkugeln der Zapfen der Vögel- (und Reptilien-)Retina, welche er ebenfalls isolirte, fand KÜHN<sup>e</sup> wenn auch in geringerem Grade lichtempfindlich; Ozon entfärbt sie gleichfalls. Auch Haemoglobin wird vom Lichte in seiner Farbe verändert, und zwar ins rothgrüne.

M. SCHULTZE machte darauf aufmerksam, dass der gelbe Farbstoff der Macula, welchen die zu der Zapfenschicht strebenden Lichtstrahlen durchsetzen, einen ziemlich Theil der violetten und blauen Strahlen des Spectrums absorbirt. Er deutete an, dass eine Zunahme des gelben Pigments Violettblindheit (cf. unten) veranlassen könnte. Er machte auf individuelle Schwankungen in der Intensität des Farbstoffs aufmerksam, dass dunklen Augen bedeutender sei als bei blauen. Der Farbstoff des Blutes in dem zarten engen Kapillarnetze der ganzen Netzhaut soll nach M. SCHULTZE auf das eindringende Licht eine analoge Wirkung ausüben. Trotz der Lücken in dem Kapillarnetze (die Fovea centralis ist ganz gefässlos) komme diese Wirkung zur Geltung, indem Veränderungen im Blute, wie dessen Absorptionsvermögen für gewisse Lichtstrahlen verändern (z. B. bei Santonin-giftung), auch anormale Farbenwahrnehmungen bedingen könnten.

Die Netzhaut und zwar die Stäbchen-Zapfenschicht fluorescirt (HELMHOLTZ) was v. BEZOLD und ENGELHARDT auch für die lebende Netzhaut bewiesen. KÜHN<sup>e</sup> und EWALD<sup>e</sup> ten die Anwesenheit von Schweiss für die Ursache der Fluorescenz.

**Die Diathermansie der Augenmedien.** — Die durchsichtigen Augenmedien absorbiren einen beträchtlichen Antheil der sie treffenden dunklen Wärme, einen Theil lassen sie durch sich hindurch treten, nach F. KLUG gelangen nahezu  $\frac{1}{5}$  der dunklen Sonnenstrahlen, welche in das Auge eintreten, zur Netzhaut,  $\frac{4}{5}$  werden absorbirt. Der Glaskörper verhält sich hierin am ähnlichsten dem Wasser, verhältnissmässig bedeutend ist die Absorption der Linse.

### Die Krystalllinse.

Die Krystalllinse stellt eine durchsichtige, farblose biconvexe Linse dar, deren hintere Fläche stärker als die vordere gewölbt ist. Der Körper der Linse wird von einer glatten, structurlosen, glashellen, elastischen Hülle, der Linsenkapsel umschlossen, deren vordere Hälfte dicker ist als die hintere.

Die eigentliche Linsensubstanz zeigt in den äusseren Schichten eine fast gallertartige Konsistenz, die inneren Schichten, der Linsenkern ist konsistenter. Die frische Linse ist sehr elastisch und dehnbar, sie gibt jedem äusseren Gewalt leicht nach und kehrt schnell und vollkommen in ihre frühere Form zurück. Unter der vorderen Wand der Linsenkapsel (KÖLLIKER, BASS)

et sich ein Epithel, eine bis gegen den Linsenäquator hinaufreichende polygonaler Zellen. Letztere sind auf der Vorderfläche der Linse sartig durchsichtig und erscheinen frisch vollkommen structurlos. Diese der Linse besteht aus den Linsenfasern, sie sind nichts anderes als in die Länge ausgezogene, metamorphosirte Zellen der eben benannten Zellenlage. Diese Zellen verlängern sich zuerst in der Nähe des Äquators, weiterhin wächst ihre Länge fort und fort, und sie gehen aus der horizontalen in eine schräge Stellung über, ihre vorderen Enden biegen sich nach innen gegen die Schichten der inneren Epithelzellen zu.

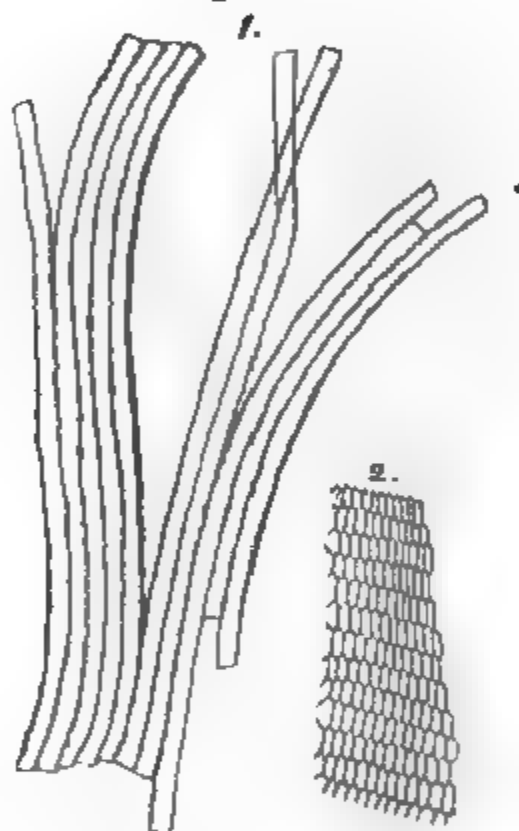
In tieferen Linsenpartien vereinigen sich die Fasern zu concentrischen Schichten, welche sich wie die Schalen der Zwiebel decken; die Enden der Fasern mit den von der entgegengesetzten Seite herkommenden in einer Naht zusammen. Bei dem Menschen umgreifen die Fasern immer nur

Fig. 496.



Querschnitt durch die Axe der  
Menschenlinse.

Fig. 497.



Linsenröhren oder Linsenfasern. 1 Vom  
Ochsen mit leicht zackigen Rändern.  
2. Querschnitt der Linsenröhren vom  
Menschen. 350mal vergr.

il der Linse, und zwar so, dass die »Nähte« eine Art Stern darstellen, in der ganzen Linse des Neugeborenen und im Linsenkern der Erwachsenen drei ausgezeichnete Strahlen erkennen lässt, welche mit einander um  $120^\circ$  machen. Der Stern der hinteren Fläche ist zu dem der vorderen  $60^\circ$  gedreht. In den äusseren Schichten spalten sich bei dem Erwachsenen die Strahlen vielfach in Nebenstrahlen, so dass viel verwickeltere Netze sich ergeben.

Linsenfasern (Fig. 497) sind lange, platte, auf dem Querschnitte als Bänder, sie liegen, indem die etwas ausgezähnelten Ränder der benachbarten Fasern in einander greifen, dicht neben einander. Auf dem Querschnitt trägt der kurze Durchmesser der Fasern  $0,0036—0,0112$  mm, der

lange 0,02 mm. Ihre breitere Fläche liegt der Linsenoberfläche zugewendet. In den äusseren Faserlagen sind die Fasern, die hier noch einen deutlichen Kern zeigen, weicher, breiter als im Innern der Linse.

Die chemischen Bestandtheile der Linse sind vorwiegend Eiweissstoffe: Globulin, Kalialbuminat und Serumeiweiss. Ausserdem: Fett, Cholesterin in geringen, aber im Alter zunehmenden Quantitäten, dann 0,5% Aschenbestandtheile und, nach den Schichten verschieden, etwa 60% Wasser. Die Linsenkapsel besteht nicht aus elastischer, sondern aus Albuminsubstanz (EWALD und KÜHNE).

Die Krümmung der Linse hat HELMHOLTZ mit dem Ophthalmometer in ganz analoger Weise am lebenden Auge bestimmt, wie die Krümmung der Hornhaut. Aus ihren Verbindungen im Auge von der Zonula Zinnii, ligamentum suspensorium lentis getrennt, verändert sich ihre Gestalt, sie wird stärker gekrümmt, dicker, kugelig, zum Beweise, dass sie im Auge für gewöhnlich durch die ziemlich straff angespannte, ihren aequatorialen Rand umgebende Zonula von den Flächen her etwas gepresst und dadurch abgeflacht ist (cf. unten). Die Resultate der Linsenmessung folgen bei der Lehre von der Accommodation. KRAUSE erhielt nach seinen Messungen an der ausgeschnittenen Linse ihre Vorderfläche als ein Stück eines abgeplatteten Rotationsellipsoids, die hintere für ein Rotationsparaboloid.

Das Brechungsvermögen der Linse nimmt von aussen nach innen zu, indem die inneren Schichten der Linse am dichtesten sind. Das Licht wird also beim Eintritt in jede neue Linsenschicht wieder neu gebrochen. Das Wachsthum des Brechungsvermögens der Linse von aussen nach innen ein ziemlich stetiges, so dass daher der Weg des Lichts durch die Linse nicht geradlinig ist, wie durch eine homogene Glaslinse, sondern krummlinig. Das Experiment zeigt, dass in Folge dieses Baues die Linse ein stärkeres Brechungsvermögen hat, als es sich aus ihrer Krümmung und ihrer mittleren Dichtigkeit berechnen würde; ihre Brechweite ist sogar kürzer als sie nach der Rechnung sein müsste bei derselben Krümmung, wenn die ganze Linse die Dichtigkeit ihrer Centralschichten besässe.

Die Substanz der Linse ist doppelbrechend, zwischen gekreuzten Nikols zeigt die Linse das schwarze Kreuz mit farbigen Ringen, wie senkrecht zur optischen Axe geschnittene einaxige Krystalle. —

### Glaskörper und Zonula Zinnii.

Der Raum zwischen Hinterfläche der Linse und Netzhaut wird vom Glaskörper ausgefüllt, er bildet die Hauptmasse des Augeninhaltes. Im Allgemeinen ist seine Gestalt kugelig, vorne vertieft er sich zur tellerförmigen Grube, in welcher die Linse, von ihrer Kapsel umschlossen, befestigt ist. Von der Papilla N. optici bis zur hinteren Fläche der Linsenkapsel verläuft ein 2 mm weiter Canal: Canalis hyaloideus. Vom Rande der Linse bis zu den Firsten der Ciliarfortsätze ist seine Oberfläche frei und der Zonula Zinnii zugekehrt. Den kapillaren Zwischenraum zwischen diesem freien Theile der Glaskörperoberfläche und der Zonula bezeichnet man als PETIT'schen Canal (cf. Fig. 194, S. 796), welcher den ganzen freien Aequatorialrand der Linse umgibt (IWANOFF). Der übrige Theil des Glaskörpers wird von der Membrana limitans interna retinae (HENLE, IWANOFF) begrenzt, die ihm bis zur Ora serrata direkt anliegt (Membrana limitans hyaloidea), von hier an schieben sich zwischen Glaskörper und Grenzhaut, welche auf die Pars ciliaris retinae übergeht, meridional verlaufende Fasern ein, Zonula Zinnii oder Ligamentum suspensorium lentis, welche sowohl mit dem Glaskörper bis zur Gegend der

Ciliarfortsätze, als mit der Grenzhaut verwachsen sind. STILLING zeigte, dass der periphere Theil, die Rinde des Glaskörpers, geschichtet ist, während der centrale Theil, der Kern, homogen erscheint. Gegen die Linse zu verdünnt sich die Rindenschicht continuirlich, so dass an der Ora serrata der Kern von der Limitans nur durch eine dünne faserige Lage getrennt wird, die sich gegen die tellerförmige Grube umschlägt und diese bedeckt (IWANOFF, anderer Abschnitt der Hyaloidea der Autoren). In den oberflächlichen Glaskörperschichten finden sich Zellen, in den tieferen Schichten nur noch Derivate derselben, Kerne mit geschrumpften Bläschen, Körnchenhaufen etc. IWANOFF unterscheidet im Glaskörper runde Zellen mit grossem Kern, spindel- und kernförmige Zellen, und runde Zellen, die im Innern eine grosse, runde, durchsichtige Blase enthalten, alle drei Formen sind contractil. Im Glaskörper und zwar im hinteren Drittel des erwachsenen menschlichen Auges, befindet sich nach L. LÖWÉ normal ein mit lymphatischer Flüssigkeit gefüllter Hohlraum: hintere Glaskörperhöhle oder dritte (?) Augenkammer. In dieser Flüssigkeit befindet sich der Sitz einer Anzahl entoptisch wahrzunehmender beweglicher Objecte. Die Höhle entsteht durch Verflüssigung der hinteren Glaskörperpartie.

Die Zonula Zinnii, das *Ligamentum suspensorium lentis* bezieht den elastischen reichende Fasern aus dem Glaskörper, die in der Umgebung der Ora serrata sich erheben, mit der Membrana limitans der Pars ciliaris retinae verbunden, die sich vorne laufen und sich zum Aequator der Linse begeben, wo sie sich ansetzen. Die Zonula wird, indem sie der Oberfläche der Ciliarfortsätze folgt, wie eine Halskrause gefaltet. Der äussere Rand dieser Falten entspricht den Vertiefungen zwischen je zwei Ciliarfortsätzen, der innere Faltenrand, der sich der Glaskörperoberfläche nähert, entspricht den Gipfeln der Ciliarfortsätze. Bekanntlich lässt sich der Canalis Petiti nach dem Abziehen der Ciliarfortsätze mittelst Einstichs aufblasen, wodurch die Falten der Zonula nach auswärts wölbt werden und so nach oben Buckel bilden: PETIT's Canal godronné. Die anderen Faltenränder sind fest mit dem Ciliartheil der Netzhaut, diese mit der Membrana limitans verbunden, so dass hier das ganze System von Membranen zusammenhängt, und in seiner Spannung durch den M. tensor choroideae beeinflusst werden kann.

Das *Ligamentum suspensorium lentis* sichert die Stellung der Linse, indem sie diese an die Ciliarkörper heftet; sie übt aber auch, wenn sie, wie im ruhenden Auge, gespannt ist, auf den Aequatorialrand der Linse, d. h. der Linsenkapsel einen Zug aus, welcher die Aequatorialdurchmesser der Linse verlängert, ihre Dicke in der Axe verringert und ihre Flächen abplattet (HELMHOLTZ). Ihre Spannung kann durch die Contraction des Tensor choroideae verringert werden, wodurch umgekehrt die Flächen der Linse stärker gewölbt werden. Darauf beruht im Wesentlichen die Fähigkeit des Auges zur Accommodation für verschiedene Entfernungen.

Die Glaskörperflüssigkeit zeigt alkalische Reaktion und zwischen 1,7—2% feste Stoffe, die zur Hälfte aus anorganischen Stoffen bestehen: Kochsalz, kohlensaures Natron, Kalk, Schwefelsäure und Phosphorsäure. Unter den organischen Stoffen zeigen sich Spuren von Albuminaten und Harnstoff (PICARD). Die morphologischen Bestandtheile sollen Mucin enthalten.



**Der Humor aqueus**, die wässerige Feuchtigkeit, welche die Augenkammer erfüllt, nur eine Spur Globulin (fibrinoplastischer Substanz), 0,9% Salze mit Kochsalzen und Eiweißen, darunter Harnstoff (WÖHLER).

**Das Auge im Schlaf.** — Während des normalen Schlafes sind die Pupillen nadelkopfgross, jeder Reiz, welcher die Schlafiefe mindert, erweitert die Pupille. Im Schlaf ist die Cornea mit einer zähen Flüssigkeit bedeckt, die Conjunctiva etwas injiziert. Beim Einschlafen senkt sich das obere Lid, die Lidspalte wird kleiner, der Bulbus tritt zurück und seine Spannung wird wohl etwas geringer. Im Schlaf nehmen die Augen eine Gleichgewichtsstellung ein mit parallelen, in die Ferne gerichteten Sehaxen, während beim Einschlafen convergirend nach oben gerollt hatten. W. SANDER schliesst, dass beim Schlaf des Gehirns ein Reiz in Wirksamkeit trete, dass die Zustände des psychischen Organs einen directen und unmittelbaren Einfluss auf das physiologische Verhalten haben (cf. S. 807).

**Zur Entwicklungsgeschichte des Auges.** — Erste Anlage der drei höheren Sinnesorgane. — GÖTTE hat bei Teleostiern (Knochenfischen) und zwar am Frosch die ersten Stadien der Bildung der drei höheren Sinnesorgane: Auge, Ohr, Geruch untersucht, sie gehen in folgender Weise aus der Axenplatte, einer schildförmigen Vorstufe des Ektoderm, der gemeinsamen Anlage des Centralnervensystems und der drei höheren Sinnesorgane, hervor. Die Axenplatte sondert sich durch Zusammenziehung von beiden Seiten gegen die Medianebene ihrer ganzen Länge nach in drei Theile, einen unpaaren medianen Kiel (Rückenfurche S. 46) und jederseits diesem angeschlossen einen Seitentheil, die Sinnesplatte, das an den Seiten des Kopfes stärker entwickelt ist, als an den Rumpfseiten. Sinnesplatten werden am Rumpf ganz, am Kopf aber nur theilweise in die Bildung der

Fig. 498.



Längsschnitte des Auges von Hühnerembryonen nach REMAK. 1. Von einem etwa 65 Stunden alten Embryo. 2. Von einem nur wenige Stunden älteren Embryo. 3. Von einem viertägigen Embryo. *h* Hornblatt, *l* Linse bei 1 noch sackförmig und mit dem Hornblatte verbunden, bei 2 und 3 abgeschnürt, aber noch hohl, *o* Linsengrube, *r* eingestülpter Theil der primitiven Augenblase, der zur Retina wird, *u* hinterer Theil der Augenblase, der, wie REMAK glaubt, zur gesamten Uvea wird und bei 1 und 2 durch den hohlen Sehnerven mit dem Gehirn verbunden ist, *x* Verdickung des Hornblattes um die Stelle, von der die Linse sich abgeschnürt hat, *gl* Glaskörper.

Anlage der Hirn-Rückenmarksanlage. Im hinteren Abschnitt des Kopfes schnürt sich eine Partie der Sinnesplatte jederseits vom Gehirn und von der Urdarmhöhle vollkommen ab und bildet das Augenglied. In der vorderen Kehle, wo die Seitentheile mächtiger entwickelt sind, löst sich auf jeder Seite eine Partie der letzteren von der Oberhaut los, schnürt sich aber vor dem vorderen Ende ab, daraus bildet sich eine horizontal liegende Augenblase. Die Stielartige Anlage des Opticus, die den Augen bleiben dagegen die Sinneszellen in vollkommener Verbindung mit der Oberhaut, trennen sich aber vollständig von dem Gehirn los und bilden die Linsengruben. Die Anlagen der drei höheren Sinnesorgane erscheinen als aus-

gesonderte Theile des letzteren. KÖLLIKER schreibt die erste Anlage der Augen als zwei Blasen: primitive Augenblasen, an dem ersten Abschnitt der embryonalen Gehirnanlage, von dem sie sich mittelst eines Stieles: primitiver Opticus abschnüren und in der Folge an die untere Hirnfläche (Zehnhirn) herabrücken. Die primitive Augenblase liefert die Retina und deren Pigment, welche man bisher als innere Pigmentschicht der Choroidea bezeichnete. Die Auskleidung der Augenblase bildet das Hornblatt. Haben die Augenblasen ihre Bestimmung erlangt, so beginnt an ihrem, dem Stiele entgegengesetzten Pole eine Wucherung des Hornblattes, die sich endlich zur Linse abschnürt und die Blase von ihrer vorderen

er einstülpt. Endlich legt sich die vordere Augenblasenwand ganz an die hintere an, so dass aus der Blase nun ein doppelblättriges, becherförmiges Gebilde entstanden ist, das mit seinem vorderen Rande die Linse umfasst (Fig. 498).

Gleichzeitig beginnt nun auch die Cutis der unteren Kopffläche hinter der Linse, gegen die primitive Augenblase und ihren hohlen Stiel zu wuchern und stülpt ihre untere Wand ein, welche sich gegen die obere Wand anlegt. Die Optikusanlage wird dadurch zweiblättrig und rinnenförmig. Die durch diese Einstülpungen entstandene doppelwandige Blase mit ihrer seitlicher Spalte heisst nun die secundäre Augenblase. Ihre Höhle communicirt nicht mehr mit den Hirnhöhlen, es ist dieselbe ein von der Aussenseite der primitiven Augenblasen her, durch die Einstülpung der Linse und der Glaskörperanlage entstandener Hohlraum. In Folge der weiteren Entwicklung verwächst die Spalte der secundären Augenblase mit dem primitiven Sehnerven, indem sie den in sie hineingewucherten Theil der Cutis als Glaskörper und als die bindegewebige Axe des Sehnerven mit den Vasa centralia abschnürt. Die Hülle des Auges: Sclerotica und Hornhaut, und wohl auch die Choroidea stammt aus dem mittleren Keimblatt (den Kopfplatten).

Vor der Entwicklung der Stäbchen und Zapfen ist das hintere nervöse Blatt der primären Augenblase gegen das vordere, das Pigmentepithel, durch eine deutliche Limitans externa scharf abgegrenzt. Beim Hühnchen bildet sich um den 7.—10. Bruttag in dem vorderen Netzhautblatte eine deutliche Schichtung aus, indem die innere Faserschicht und die beiden granulirten Schichten erkennbar werden, gleichzeitig sprossen nach hinten über die Limitans externa hinaus die Anfänge der Stäbchen und Zapfen hervor in Form kleiner, runder, halbkugelter Höckerchen von homogener Beschaffenheit. Zuerst bilden sich die Angliedder, später die Aussengliedder, welche in die Zellen des Pigmentepithels hineinwachsen, von denen sie scheidenartig umfasst werden (M. SCHULTZE, S. 844). Nach BABUCHIN'S Beobachtungen an der Froschretina entstehen die Stäbchen und Zapfen durch Auswachsen ausseren Körner der Netzhaut. Dem Obigen analog sind SCHENK'S Angaben über die Fischretina. M. SCHULTZE möchte die Bildung wenigstens der Aussengliedder aus den Körnern an Cuticularbildungen anreihen. Wann bei dem Menschen sich die Stäbchen und Zapfen entwickeln, ist noch unbekannt, beim Neugeborenen sind sie schon gut entwickelt. blindgeborenen Jungen von Kaninchen und Katzen bilden sie sich erst nach der Geburt.

Die Linse ist nach diesen Beobachtungen ein Epidermisgebilde, sie liegt zunächst als doppelwandige Blase in der vorderen Einstülpung der primitiven Augenblase. Die Linsenwand besteht aus cylindrischen, radiär gestellten Zellen, welche später zu den Linsenfasern wachsend die Linsenhöhle erfüllen. Ein bleibender Rest der Zellen bildet, wie wir oben gesehen haben, das innere Linsenepithel. Die Linsenkapsel hält KÖLLIKER für eine Cuticularbildung der Linsenzellen. Nach SERNOFF'S Beobachtungen am Hühnchen bleibt bei der Einsenkung zwischen Linse und Augenblase eine bindegewebige Platte (des 2. Blatts), aus der sich die Linsenkapsel und die Membrana pupillaris entwickelt. Die Linse ist bei Embryonen und beim Neugeborenen kugelter als beim Erwachsenen, die Zonula Zinnii ist dann noch gespannt. Der Glaskörper besteht von Anfang an aus einer homogenen Grundsubstanz mit eingestreuten Zellen, vorzüglich in den oberflächlicheren Schichten. Linse und Glaskörper sind bei dem Embryo von einer gefässhaltigen Kapsel umschlossen, die bei dem Erwachsenen normal nicht mehr findet. Am frühesten wurde der Theil der Glaskörperkapsel bekannt, welche die embryonale Pupille umschliesst: Membrana pupillaris. Der Theil der Gefässe auf der Vorderfläche der Linse wird von den Gefässen der Iris geliefert, die übrigen Gefässe der Hülle stammen aus der Arteria centralis retinae. Diese entsendet beim Eintritt in den Bulbus die feine Arteria hyaloidea oder capsularis, welche in dem sogenannten Canalis hyaloideus durch die Mitte des Glaskörpers der Linse zu läuft; ehe sie die Linse erreicht, spaltet sie sich in pinselförmige Aeste, welche sich auf der hinteren Wand der Linse verbreiten, aber auch den Rand derselben mit feinen Zweigen umgreifen. G. v. ÖTTINGEN hat sie in zwei Fällen im späteren Lebensalter persistiren. Der angeborene Pupillarverschluss

(Atresia pupillae congenita) beruht auf der hier und da bei Neugeborenen noch vorhandenen Pupillarmembran. Die Vögel besitzen keine Membrana pupillaris. HALLER.

Die Choroidesia endigt Anfangs am Linsenrande, erst am Ende des zweiten Monats gelangt die Iris als eine zuerst ungefärbte kreisförmige Hautschicht hervor zum vorderen Rand der secundären Augenblase, deren innere Lamelle zur Retina, die aussen unpigmentirt wird, umgreift anfanglich den Linsenrand. In der zweiten Hälfte der normalen Entwicklung bleibt der vordere Theil der secundären Augenblase der Entwicklung zurück und liefert in der Folge die Pars ciliaris retinae, die, wie wir wissen, keine nervösen Elemente besitzt. Die gelbe Färbung des gelben Flecks des Embryo und Neugeborenen nicht sichtbar sein, sonstige Beobachtungen über die Entwicklung dieser Elemente fehlen.

Die Augenlider zeigen sich im Anfang des dritten Monats als niedrige Hautfalten, die sich berühren und verkleben mit ihren Rändern, öffnen sich aber noch vor der Geburt. Die Thränenrüschen entstehen nach dem Schema der Spinnwebdrüsen (S. 272) im Anfang des vierten Monats, die Meibom'schen Drüsen erst im sechsten Monate. Die soliden Wucherungen des Epithels der Augenlider.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — GEGENBAUER. Bei den niederen Medusen erscheinen als erste Andeutung von Sehorganen blosse Pigmentflecke an der Basis, welche in der Regel keine weiteren lichtbrechenden Medien enthalten, bei höheren Medusen lichtbrechende Körper im Pigment eingelagert, die an die Krystallstäbchen anderer Thiere erinnern. Die Randkörper der höheren Medusen, denen die Bedeutung von Sehorganen zukommt, sind ihrer Funktion nach sicher wenigstens nicht ausschliesslich Sehorgane zu halten. Bei vielen niederen Würmern (Turbellarien, Trematoden, Nemertinen), auch bei Tunicaten finden wir als Andeutungen eines Sehorgans Pigmentflecke, welche symmetrisch geordnet entweder unmittelbar auf dem Cephalothorax aufsitzen oder von ihm Nervenzweige erhalten. An Stelle dieser Pigmentflecke wir bei nahe stehenden Arten deutlich ausgebildete Augen, wo das Pigment als Pigmenthaube, zu lichtbrechenden Apparaten modificirter Zellen, der Krystallstäbchen, auftritt, welche wir als Endapparate lichtempfindlicher Nerven betrachten dürfen. Bei den Hirudineen erscheinen die Linsen als becherförmige Vertiefungen im Integument, sehr ähnlich den becherförmigen Vertiefungen oder Geschmackorganen in der Oberlippe dieser Thiere, von denen sie sich durch die Pigmentumlagerung unterscheiden. Grösse, glashelle Kugeln, Zellen, die aus der Becheröffnung hervorstehen, seine Mündung wird von modificirten Epidermiszellen eingefasst. Im Grunde des Bechers tritt ein Nervenstrang hindurch und endigt frei nach aussen in einer leichten papillenförmigen Erhebung, auf welcher Endstäbchen zu erkennen sind. Diese Organe funktionieren abwechselnd für drei Sinnesempfindungen, es sind Leberorgane (J. RAYNE) mit denen das Thier tastet, schmeckt und, indem es den Druck der Glaskugeln zu einer zusammengesetzten halbkugeligen Cornea hervorbringt, sieht. Die Augen der Anneliden zeigen sich sehr verschieden und erreichen zum Theil eine auffallende hohe Ausbildung des Baues. Bei Branchiostoma sind die einzelnen Fühlerbüschel des Kopfes mit vielfachen Augen besetzt. Bei den Echinodermen sind die Sehorgane nur Pigmentflecke. Bei den Seesternen lagern aber zusammenhängende Sehorgane auf der gewöhnlich aufwärts dem Lichte zugelegenen Spitze jedes Armes viele Krystallstäbchen, jedes von einer Pigmenthaube umgeben, in ihrer Gesamtheit von einer Epithellage mit Cuticula bedeckt, stehen auf einer kugelförmigen Markmasse auf, die Ambulacrarnerven fungirt als Sehnerv.

Bei den Arthropoden betheiligt sich neben den lichtempfindlichen Theilen des Auges auch der Bau des Auges auch meist ein Accessorischer Leuchtdeckel, der Cuticula, welche über dem Auge zu einem zusammenhängenden lichtbrechenden Organ wird. Die meist sehr grossen Krystallstäbchen, trotz mannigfacher Differenz im Allgemeinen die Form eines umgekehrten Kr

igen Prismas, sie treten mit Nervenfasern in Zusammenhang. Das immer nach gewendete Ende der Krystallstäbchen ist stärker lichtbrechend als der innere, der sich immer mehr in seinem Aussehen den Nerven annähert. Die Chitindecke, welche wie gesagt die Stelle der Cornea vertritt, ist durchsichtig und pigmentfrei, blüht sie sich nach aussen vor und verdickt sich nach innen, so dass sie dadurch die Wirkung einer Linse oder vieler Linsen erlangt. Längs der Krystallstäbchen verlaufen Muskelfasern, welche diese zum Zwecke der Accommodation der Cornea nähern. Die Bildungen sind im Einzelnen sehr mannigfach, GEGENBAUM zählt folgende Hauptauf

### I. Augen ohne lichtbrechende Cornea.

**Einfaches Auge.** Es besteht aus einem von Pigment umhüllten Krystallstäbchen, Chitinhülle entfernt, welche sich am Bau des Auges nicht theiligt. Diese Form, die den niederen Crustaceen vorkommt, schliesst sich an die bei Würmern (Turbellariemertinen etc.) beobachteten Sehorgane an.

**Zusammengesetztes Auge,** wie das einfache, nur sind hier mehrere Krystallstäbchen zu einem Auge vereinigt (niedere Crustaceen).

### II. Augen mit Cornea.

**Einfaches Auge,** gebildet von einem meist grossen Krystallstäbchen, von welchem das Integument zu einem linsenartigen Körper verdickt ist (Corycäiden).

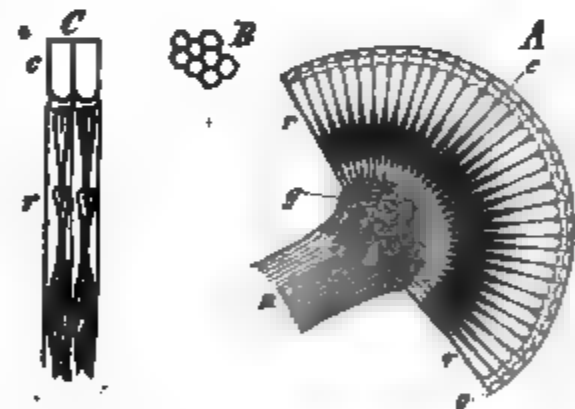
**Zusammengesetztes Auge.** a) mit einfacher Cornea. Mehrere zu einem vereinigte Krystallstäbchen werden von einer gemeinsamen, linsenförmig gewölbten Cornea bezogen (Arachniden); b) mit mehrfacher Cornea. Um eine halbkugelige Schwellung sind zwei bis mehrere Tausend Krystallstäbchen angeordnet, durch Pigment von einander getrennt, so dass jedes Krystallstäbchen seine eigene kleine, lichtbrechende Cornea besitzt (Fig. 499). Jedes Krystallstäbchen stellt eine einfache zweite Gattung dar (wie in den einfachen Augen der Krustenthiere und Insecten.)

Die Chitinhülle des Auges bildet den Rahmen, in welchem die Krystallstäbchen entsprechend, convex nach aussen springende Facetten, so dass jedes Krystallstäbchen eine eigene kleine, lichtbrechende Cornea besitzt (Fig. 499). Jedes Krystallstäbchen stellt eine einfache zweite Gattung dar (wie in den einfachen Augen der Krustenthiere und Insecten.)

Die Chitinhülle des Auges bildet den Rahmen, in welchem die Krystallstäbchen entsprechend, convex nach aussen springende Facetten, so dass jedes Krystallstäbchen eine eigene kleine, lichtbrechende Cornea besitzt (Fig. 499). Jedes Krystallstäbchen stellt eine einfache zweite Gattung dar (wie in den einfachen Augen der Krustenthiere und Insecten.)

Die Chitinhülle des Auges bildet den Rahmen, in welchem die Krystallstäbchen entsprechend, convex nach aussen springende Facetten, so dass jedes Krystallstäbchen eine eigene kleine, lichtbrechende Cornea besitzt (Fig. 499). Jedes Krystallstäbchen stellt eine einfache zweite Gattung dar (wie in den einfachen Augen der Krustenthiere und Insecten.)

Fig. 499.



A Schematischer Durchschnitt durch ein zusammengesetztes Arthropodenauge. n Sehnerv. g Ganglienschwellung desselben. r Krystallstäbchen aus dem Ganglion hervortretend. c facettierte Cornea, vom Integument gebildet, wobei jede Facette durch Convexität nach innen als lichtbrechendes Organ (Linse) erscheint. B einige Hornhautfacetten von der Fläche gesehen. C Krystallstäbchen (r) mit den entsprechenden Corneaulinsen (c) aus dem Auge eines Käfers

Gesichtsfeld, jede vermittelt nur einen einseitigen Eindruck (J. MÜLLER). Das wird noch dadurch wahrscheinlicher, dass der LEEUWENHOEK'sche Versuch auch mit der Retina der Amphibien und Reptilien (Schlangen) gelingt, indem die Retinalelemente auch gesonderte Bildchen entwerfen (M. SCHULTZE, BOLL). Auch zusammengesetzten Augen entspricht das Einfachsehen mit denselben dem des Einfachsehens mit zwei Augen bei den Wirbelthieren.



Die höchste Ausbildung und Annäherung an das Auge der Wirbelthiere erreichen die der Wirbellosen bei den Mollusken, obwohl auch hier noch sehr einfach betheiligte Pigmentflecken vorkommen oder auch die Augen ganz fehlen. Die Augen Mollusken, Cephalophoren und Cephalopoden sitzen stets zu zweien am Kopfe des Thiers. Bei den Mollusken der Bulbus des Auges eine dünne aussere Umhüllung, welche nach vorn in eine harte Cornea übergeht, in der Tiefe des Auges bildet der Sehnerv eine ganglienartige Anschwellung auf welche die Netzhaut folgt mit einer Pigmentschicht, welcher die Schicht der nach vorn umgekehrten krystallstaben aufgelagert ist. Der übrige Raum des Auges wird von der hinter der Cornea gelegenen Linse und hinter dieser von einer Glaskörpermasse eingenommen. Bei den Cephalopoden lagert der Bulbus in einem von den Seitenrändern nach vorn des Kopfkorpels gebildeten orbitaähnlichen Räume. Pupillenartige Bildungen sind bei ihnen zu dem Auge noch hinzu. Das Auge des Nautilus ist kugelförmig und besitzt keine Linse. — Bei Loligo und Sepia erscheint als erste Anlage des Auges eine ellipsoide elliptische Walf an der Aussenfläche des Embryo, indem die Walfänder zusammenwachsen entsteht die primäre Augenblase, wie sie bei Nautilus das ganze Leben sich erhält. Von dieser entstehen neue wallartige Aufsätze welche zur Bildung der vorderen Augenblase führen. Die vordere Wand der primären Augenblase secretirt als ein trübes Material die Linse, die hintere Wand bildet sich zur Retina um.

Die Augen der Wirbelthiere — nur Amphioxus zeigt als Sehorgan einen an der centralen Nervensystem aufgelagerten Pigmentfleck ohne Stäbchen — stimmen der Bau nach mit dem Bau des Menschenauges überein. Bei allen gehören die Lichtempfangsapparate, die Stäbchen und Zapfen, zu den aussere Netzhautschichten, die Aussenseiten der Stäbchen und Zapfen sind dem in das Auge einfallenden Lichte abgewendet, bei allen Augen der Wirbellosen die jenen entsprechenden krystallstaben der Wirbellosen entgegengewendet sind. Es spricht sich darin ein verschiedenes Baugesetz, dass an eine Ableitung der einen Form aus der anderen anatomisch nicht gedacht werden kann (GEGENBAUM).

Die Form des Bulbus zeigt viele Verschiedenheiten (Figg. 200–202). Bei der Mehrzahl der Säugethiere kugelig, bei den Fischen, den im Wasser lebenden Säugethiern und den Wasservögeln (Schwimm- und Stelzvögeln) ist er von vorn nach hinten abgeplattet, zeitig auch die Cornea, abgeflacht, bei den Landvögeln ist namentlich der vordere Theil des Auges und die Cornea stark hervortretend und gewölbt. Bei vielen Wirbelthieren ist die Sclerotica knorpel oder sogar knochen eingelagert, bei Eidechsen, Schildkröten und Kriechthieren lagert sich im Umkreise der Hornhaut ein Kranz flacher an einander begrenzender oder aneinander sich wagschiebender knochenstücke ein Sclerotialring. Die Form

Fig. 200.



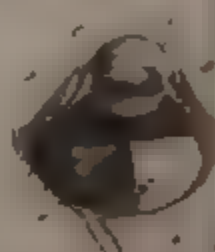
Aug. von Pauc. lucas Horizontal-schnitt c Cornea p Processus falsiformis s s Verknöcherungen der Sclerotica o Sehnerv

Fig. 201



Aug. von Varanus (Wurm) Horizontal-schnitt c Cornea p Processus falsiformis s s Iris und Linse

Fig. 202



Aug. von Pauc. lucas Vertikal-schnitt c Cornea p Processus falsiformis s s Verknöcherungen der Sclerotica o Sehnerv

wechselt zwischen der kreisrunden, querovalen, schalenförmigen, Wiederkäuer und langsovalen Krokodile und fleischfressende Säugethiere — fast dreieckigen bei Amphibien und Fischen. Bei Fischen, Reptilien Vögeln durchsetzt eine Charnierhaut, durchzieht meist stiefelförmig gebogen den Glaskörper und setzt sich an der Anschwellung an den hinteren seitlichen Theil der Linsen kapsel an Processus falsiformis



(s. Pecten). Die Choroidea vieler Säugethiere, der Fische, des Strausses, zeigt in grösserer oder geringerer Ausdehnung einen grünlichen oder bläulichen Metallschimmer, nach BRÜCKE eine Interferenzerscheinung, das Tapetum lucidum, welches das Augenleuchten dieser Thiere im Halbdunkel hervorruft; die Form der Linse erscheint sphärisch bei Fischen, Amphibien und den im Wasser lebenden Säugethieren, offenbar dem Sehen im Wasser angepasst. Die in der Pupille und bei der Accommodation thätigen Muskelelemente der Choroidea sind bei Reptilien und Vögeln quergestreift.

In Beziehung auf die Stäbchen und Zapfen kommen in der Netzhaut der Thiere große Verschiedenheiten vor, aus welchen M. SCHULTZE den Schluss zog, dass die Zapfen farbenpercipirende Organe der Netzhaut seien, sie dienen aber auch mit den Stäbchen zusammen der allgemeinen Lichtempfindung. Bei im Dunklen lebenden Thieren, bei denen, da im Dunklen keine Farbenunterschiede als solche auftreten, die Farbenempfindung im Minimum reducirt ist oder ganz fehlt, fehlen entweder auch die Zapfen gänzlich (Rochen, Haifische, Flussneunauge, Stör, Fledermaus, Igel, Maulwurf), oder sie sind verkümmert und wenig zahlreich (Eulen, Ratte, Maus, Meerschweinchen). (Dagegen hat neuerdings SAUSE bei all diesen Thieren wahre Zapfen zahlreich neben den Stäbchen wahrgenommen.) Bei Thieren, die gern in der Sonne spielende Thiere, denen wir wie den Vögeln mit ihrem farbenprächtigen Gefieder oder den farbenschillernden Schlangen einen sehr entwickelten Farbensinn zuzuschreiben müssen, haben (die Reptilien) nur Zapfen, oder es herrschen die Zapfen auf der Retina vor (Vögel) und sind in beiden Fällen ganz eigenthümlich entwickelt. An der Grenze des Aussen- und Innenglieds die ganze Dicke desselben einnehmend, findet sich eine Oelkugel, welche eine meist sehr intensive Färbung zeigt. Von den durchfallenden Lichtstrahlen wird daher nur den der Färbung der Oelkugel entsprechenden der Eintritt gestattet, so dass nur sie die Erregung der zu dem Zapfen gehörenden Faser bewirken können. Bei Vögeln und Reptilien gibt es auch farblose derartige Kugeln, die meisten aber gelb, hellgelb, grüngelb, gummiguttgelb, orange, gelbgrün und grün, dazwischen liegen in regelmässigen Abständen rubinrothe. Sie stellen sich danach als spezifische Farbreceptionsorgane dar, doch scheinen gegen diese Auffassung noch manche gewichtige Gründe zu sprechen. Die ungeschwänzten Batrachier haben derartige farblose oder hellgelb gefärbte Kugeln. Offenbar betheiligen sich alle diese Kugeln durch ihre sphärische Gestalt auch an der Ablenkung der Lichtstrahlen im Zapfen selbst und reihen sich dadurch an mannigfache farblich brechende Einlagerungen im Innengliede der Zapfen derselben Thiere an, von denen aber auch Andeutungen in den Zapfen der Säugethiere (Schweine) finden (M. SCHULTZE) s. über Retinalpigmente S. 843.

## II. Die Dioptrik des Auges.

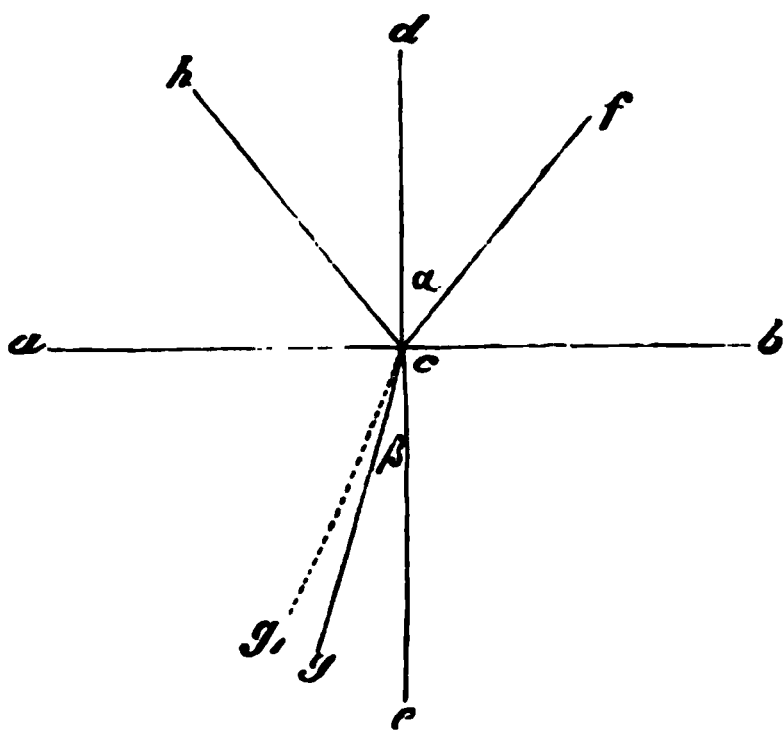
### Einiges über Lichtbrechung in Systemen kugelliger Flächen.

In dem menschlichen Auge findet sich eine Reihe optisch brechender Flächen, welche den Gang der Lichtstrahlen in ihm bedingen. Es sollen die hauptsächlichsten allgemeinen Lichtbrechungsgesetze für einfach brechende Mittel und für eine Reihe von gekrümmten Flächen vorausgeschickt werden, wobei wir uns, soweit es der Raum und unser Zweck gestattet, zunächst an die von HELMHOLTZ gegebene Darstellung anschliessen.

An einer einzelnen brechenden Fläche ist (HELMHOLTZ) die Lage des zurückgefallenen und gebrochenen Strahls folgendermassen bestimmt. In Fig. 203 sei  $ab$  die brechende Fläche, d. h. die Grenzfläche zweier optisch verschieden brechender Medien,  $fc$  darauf fallender Lichtstrahl,  $de$  die im Punkte  $c$  auf  $ab$  senkrecht stehende Linie: das fallende Licht,  $ch$  der reflectirte,  $cg$  der gebrochene Strahl. Eine durch das Einfallslot

und den einfallenden Strahl gelegte Ebene heisst: Einfallsebene, der Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot ( $\alpha$ ) Einfallswinkel, der Winkel zwischen Einfallslot und dem zurückgeworfenen Strahl der Reflexionswinkel ( $\gamma$ ), und derjenige zwischen dem Einfallslot und dem gebrochenen Strahl ( $\beta$ ) der Brechungswinkel. Der einfallende und der reflectirte Strahl liegen in der Einfallsebene, der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel ( $\alpha = \gamma$ ). Die Abhängigkeit des Brechungswinkels von dem Einfallswinkel lässt sich darin aus, dass sich ihre Sinus verhalten wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in den betreffenden beiden Medien. Das Verhältniss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Vacuum zu der in einem gegebenen Medium nennt man das Brechungsverhältniss oder Brechungsvermögen. Heisst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Vacuum  $c$ , im ersten Medium  $c_1$ , im zweiten  $c_2$ ,  $n_1$  das Brechungsvermögen des ersten,  $n_2$  das des zweiten Mediums, so ist  $n_1 = \frac{c}{c_1}$  und  $n_2 = \frac{c}{c_2}$ . Das Brechungsgesetz lautet:  $\sin \alpha : \sin \beta = c_1 : c_2$ . Gewöhnlich findet man in der daraus abzuleiten

Fig. 203.



$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ , aus welcher Gleichung z. B. den Brechungswinkel oder das Brechungsvermögen des zweiten Mittels etc. berechnet werden kann, wenn die drei übrigen Grössen bekannt sind. Handelt es sich wie gewöhnlich um die Brechung des Lichtes an der Grenzfläche zwischen der Luft und einem andern Medium, so vereinfacht sich die Gleichung zu  $\sin \alpha = n \sin \beta$ , wo  $n$  das Brechungsvermögen des zweiten Mediums bedeutet. Das Brechungsvermögen der Luft ist nämlich von dem der Luft = 1 so wenig verschieden, dass bei Rechnungen der Unterschied vernachlässigt werden kann.

#### Farbenzerstreuung durch Lichtbrechung.

Im Vacuum und in den verschiedenen Gasarten ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der einfachen farbigen Lichtstrahlen verschieden, in tropfbaren und festen Körpern pflanzen sich dagegen die Strahlen mit verschiedener Schwingungsdauer, die blauen und violetten, langsamer fort, ihre Brechungsverhältnisse sind sonach gemäss der oben gegebenen Definition grösser als die der übrigen, man unterscheidet sie daher, z. B. die violetten, als die brechbareren Strahlen von den weniger brechbaren, z. B. den rothen Strahlen. Der Weg, welcher durch die Brechung in tropfbaren oder festen Körpern, eingeschlagen, muss daher im Allgemeinen verschieden sein, die Brechung ist ein Mittel, um sie zu trennen. Kommt in unserm Fig. 203 das Strahlenbündel von oben ( $f$ ) her, und zwar, wie wir voraussetzen, aus einem dünneren Medium, so werden zwar alle gebrochenen Strahlen dem Einfallslot gemäß gebrochen, die brechbareren violetten Strahlen aber mehr als die weniger brechbaren rothen, erst nach  $g$ , die zweiten nach  $g_1$  einschlagen und sich auf diese Weise voneinander trennen.

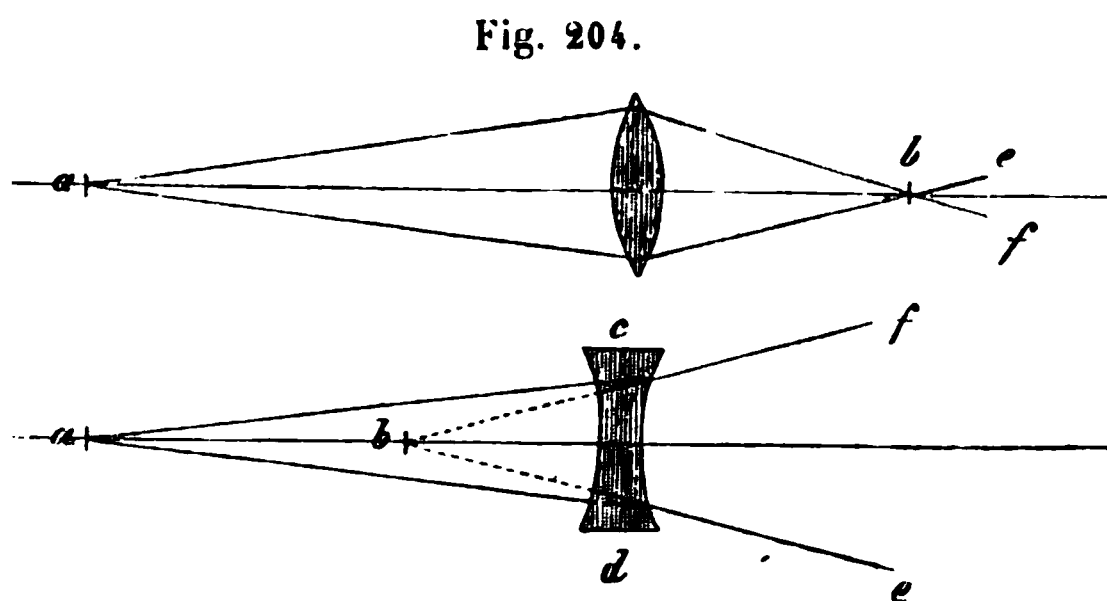
**Brechung an kugeligen Flächen.** — Im Auge findet die Brechung an kugeligen Flächen wenigstens nahezu kugeligen Flächen statt. Fällt das Licht unter sehr kleinem Einfallswinkel auf eine kugelige, brechende Fläche, oder auf ein centrirtes System kugelliger Flächen, bei welchem alle Mittelpunkte der Kugelflächen in einer geraden Linie des Systemes liegen, so vereinfachen sich in hohem Maasse die Gesetze der Brechung. Erwähnen hier zunächst folgende Hauptbrechungsgesetze (HELMHOLTZ):

- 1) Licht, welches ursprünglich von einem Punkte ausgegangen ist, oder im Allg

Licht, dessen Strahlen hinreichend »verlängert« alle durch einen Punkt gehen: homocentrisches Licht, wird, nachdem es durch ein centrirtes System gegangen ist, und alle brechenden Flächen nur unter kleinen Einfallswinkeln getroffen hat, a) entweder sich in einem Punkt wieder vereinigen wie bei Convexlinsen, b) oder so fortgehen, als käme es von einem leuchtenden Punkt her, also wieder homocentrisch sein, wie bei Concavlinen.

In beiden Fällen nennt man den Convergenzpunkt der Strahlen das optische Bild des ursprünglich leuchtenden Punktes. Da von dem Orte des Bildes ausgehende Lichtstrahlen an der Stelle des ursprünglich leuchtenden Punktes sich wieder schneiden würden, bezeichnet man den Ort des leuchtenden Punktes und den seines Bildes auch als conjugirte Vereinigungspunkte der Strahlen. Reell nennt man das optische Bild, wenn die von dem leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen im Bildpunkte wirklich zur Vereinigung kommen. Dies kann nur dann eintreten, wenn das Bild hinter den brechenden Flächen liegt. Virtuell nennt man das Bild dann, wenn der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen in ihren rückwärts gelegenen Verlängerungen vor der letzten brechenden Fläche liegt. Im letzteren Falle kommen also im Bildpunkte nicht die Lichtstrahlen selbst, sondern nur ihre gedachten Verlängerungen zur Vereinigung.

2) Convexe Glaslinsen (Brenn gläser und Sammellinsen), Brillengläser für Weitsichtige, entwerfen von entfernten Gegenständen reelle Bilder. Ist  $a$  der leuchtende Punkt, so werden die von  $a$  kommenden Lichtstrahlen in die Richtungen  $f$  und  $e$  gebrochen und vereinigen sich wirklich in einem Punkte, dem reellen Bilde  $b$ . Nach der Schneidung divergiren sie wieder, gerade als wäre  $b$  selbst der ursprünglich leuchtende Punkt (Fig. 204).



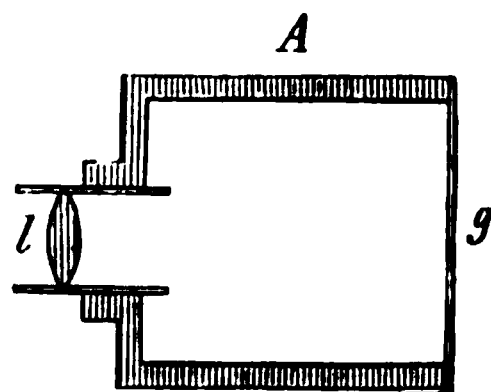
3) Concave Glaslinsen (Zerstreuungsgläser, Brillengläser für Kurzsichtige), geben nur virtuelle Bilder.

Nicht die Lichtstrahlen selbst, nur ihre »Verlängerungen« treffen sich in  $b$  (Fig. 204) und gehen hinter der Linse weiter, als kämen sie von  $b$ . Ein hinter der Linse zwischen  $f$  und  $e$  stehendes Auge glaubt den leuchtenden Punkt in  $b$  zu sehen.

4) Liegen mehrere leuchtende Punkte in einer gegen die Axe des brechenden Systems senkrechten Fläche, und zwar der Axe so nahe, dass ihre Strahlen sämtliche brechende kugelflächen unter sehr kleinen Einfallswinkeln treffen, so kommen ihre reellen oder virtuellen Bilder alle in einer auf die optische Axe senkrechten Ebene zu liegen, und ihre Vertheilung in dieser Ebene ist geometrisch ähnlich der Vertheilung der leuchtenden Punkte; gehören die leuchtenden Punkte einem Objecte an, so ist das optische Bild dieses Objectes dem Objecte selbst ähnlich.

5) Derartige Bilder von Objecten liefert die dem Auge sehr ähnliche Camera obscura Fig. 205. In die vordere Wand eines innen geschwärzten Kastens  $A$ , dem man passend die Gestalt eines Auges geben kann, ist eine verschiebbare Röhre eingesetzt, in welche eine oder mehrere Glaslinsen  $l$  eingefügt sind. Die Rückseite des Kastens bildet eine matte Glastafel  $g$ . Wendet man die Gläser gegen entfernte erleuchtete Objecte und beschattet die matte Glastafel, so sieht man auf ihr das umgekehrte, natürlich gefärbte Bild

Fig. 205.



der Objecte, welches, wenn die Linse so gestellt ist, dass die (überwiegende Mehrzahl der) von einem Punkte des abzubildenden Objects ausgehenden Strahlen sich je in einem Punkte der matten Glastafel schneiden, sehr scharf gezeichnet erscheint.

a) **Zerstreuungsbilder.** Man bemerkt dabei, dass die Bilder ungleich weit von der Camera obscura entfernter Gegenstände nicht gleichzeitig deutlich auf der matten Tafel erscheinen. Man muss die Röhre mit der Linse etwas herauschieben, um nähere Gegenstände abzubilden, für entferntere dagegen mehr hineinschieben, da näher der Linse gelegene Objecte ihre Bilder in grösserer Entfernung hinter ihr entwerfen, als weiter der Linse weiter entfernt stehende Objecte.

b) **Chromatische Abweichung.** Haben die Linsen einen grossen Durchmesser im Verhältniss zur Länge des Kastens, so zeigen Ränder heller Flächen in dem Bilde farbig, meist blaue oder gelbrothe Säume. Wie wir sahen, liegen wegen der verschiedenen Brechbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes die Vereinigungspunkte verschiedenfarbiger Strahlen nicht genau in derselben Entfernung hinter der Linse und die Bilder für die verschiedenen Farben decken sich nicht genau. Diese chromatische Abweichung kann aufgehoben werden durch eine passende Verbindung von Linsen, die aus verschiedenen brechenden Glassorten bestehen, sogenannte achromatische Linsen. Sie bestehen aus einer starken Sammellinse von Crown Glas combinirt mit einer schwächeren Concavlinse von Flintglas, welches letztere ein beinahe doppelt so grosses Farbenzerstreuungsvermögen besitzt wie die erstere Glassorte. Combinirt man zwei gleichstarke aber entgegengesetzt gekrümmte Linsen von derselben Glassorte, so wird die eine die Brechung der anderen vollkommen aufheben. Das stärkere Farbenzerstreuungsvermögen des Flintglases ermöglicht es nun durch Verbindung einer Crown Glas-Sammellinse mit einer schwächeren Flintglasconcavlinse die verschiedene Brechung der verschiedenfarbigen Strahlen durch die Crown Glaslinse zu compensiren, während die Flintglaslinse nicht stark genug ist, die Gesamtstrahlenbrechung durch die Crown Glaslinse aufzuheben (EULER, DOLLOND).

c) **Sphärische Abweichung.** Auch bei Beleuchtung mit einfarbigem Lichte zeigen die Bilder der Camera obscura und andere optische Instrumente mit grösseren brechenden Kugelflächen eine gewisse Ungenauigkeit der Umrisse, weil die durch eine kugelige Fläche gebrochenen homocentrischen Strahlen nur bei verschwindend kleinen Einfallswinkeln genau in einem Punkte vereinigt werden. Instrumente, bei welchen durch passende Zusammenstellung der brechenden Flächen diese Abweichung möglichst beseitigt ist, werden als aplanatische bezeichnet. Durch einzelne Kugelflächen ist vollständige Aplanasie nie zu erreichen, eine solche wäre nur durch Rotationsflächen möglich, und zwar meist durch solche des vierten Grades, die man bis jetzt noch nicht schleifen kann. Nur in gewissen Fällen, wenn z. B. der leuchtende Punkt, wie oft bei dem Auge in unendlicher Entfernung liegt, ist die Erzeugungscurve solcher Flächen eine Ellipse. Bei einem System von kugelig brechenden Flächen ist Aplanasie auch durch passende Combination mehrerer kugelig brechender Flächen in Beziehung auf Krümmungsradius und Abstand der Flächen zu erreichen. Da an einer Kugelfläche die Randstrahlen stärker gebrochen werden, als die der Axe zunächst eintretenden Strahlen, so schneiden sich die gebrochenen Strahlen nicht alle in einem Punkte, sondern in einer krummen Linie: kaustischen Linie.

**Centrirte dioptrische Systeme.** — Wenn bei einem centrirten dioptrischen System die sphärisch gekrümmten Flächen das letzte Medium, in welches schliesslich nach allen Brechungen die Strahlen eintreten, verschieden ist vom ersten, aus welchem sie ursprünglich kommen, dann erscheint die optische Wirkung des Systems auffallend analog der Brechung an einer einzigen sphärischen Trennungsfläche, die zwei heterogene Medien voneinander scheidet. Zur einfachen Bestimmung der Lage und der Grösse der optischen Bilder, sowie des Ganges eines jeden durch ein solches System hindurchgegangenen Lichtstrahls, welcher sämtliche brechende Flächen unter sehr kleinem Einfallswinkel passirt hat, bedarf es der Kenntniss gewisser Punkte: der optischen Kardinalpunkte des Systems.

Man hat 3 Paare solcher Punkte zu unterscheiden:

1) zwei Brennpunkte, senkrecht auf die Axe durch die Brennpunkte gelegte Ebenen heissen Brennebenen.

2) die beiden Hauptpunkte, senkrecht auf die Axe durch die Hauptpunkte gelegte Ebenen heissen Hauptebenen.

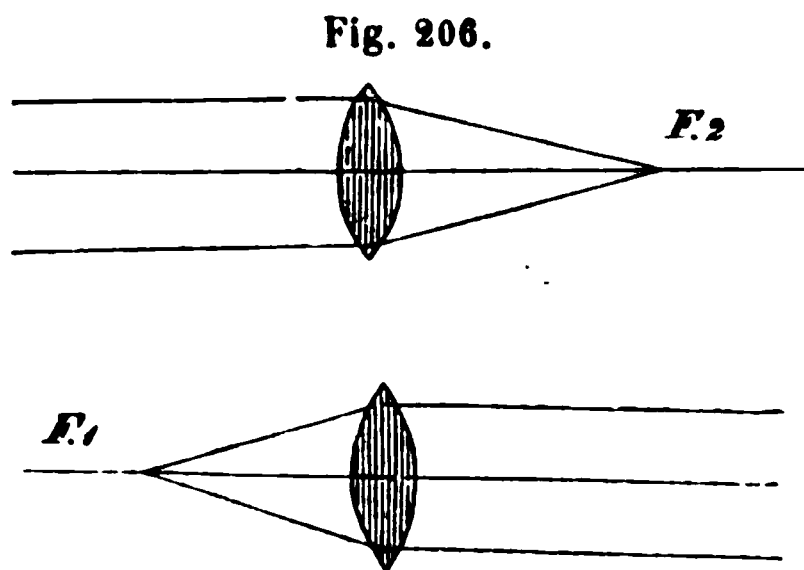
3) die beiden Knotenpunkte.

Man nennt die Seite des Systems, von der das Licht herkommt, die erste, die, nach der es geht, die zweite Seite; das Brechungsverhältniss des ersten und letzten Mittels sei  $n_1$ , das letzte  $n_2$ .

Wir definiren nun nach HELMHOLTZ:

Der erste Brennpunkt  $F_1$  ist dadurch bestimmt, dass (wie bei der Brechung an einer kugeligen Trennungsfläche) jeder Strahl, der durch ihn geht, nach der Brechung parallel mit der Axe wird. Alle von einem Punkt  $F_1$  der ersten Brennebene ausgehenden Strahlen werden nach der Brechung unter einander parallel (Fig. 206  $F_1$ ).

Der zweite Brennpunkt  $F_2$ , auch der zweite Brennpunkt genannt, ist dadurch bestimmt, dass durch ihn jeder Strahl geht, der vor der Brechung parallel der Axe ist. Strahlen, welche im ersten Mittel unter einander parallel sind, vereinigen sich in einem Punkte der zweiten Brennebene (Fig. 206  $F_2$ ).



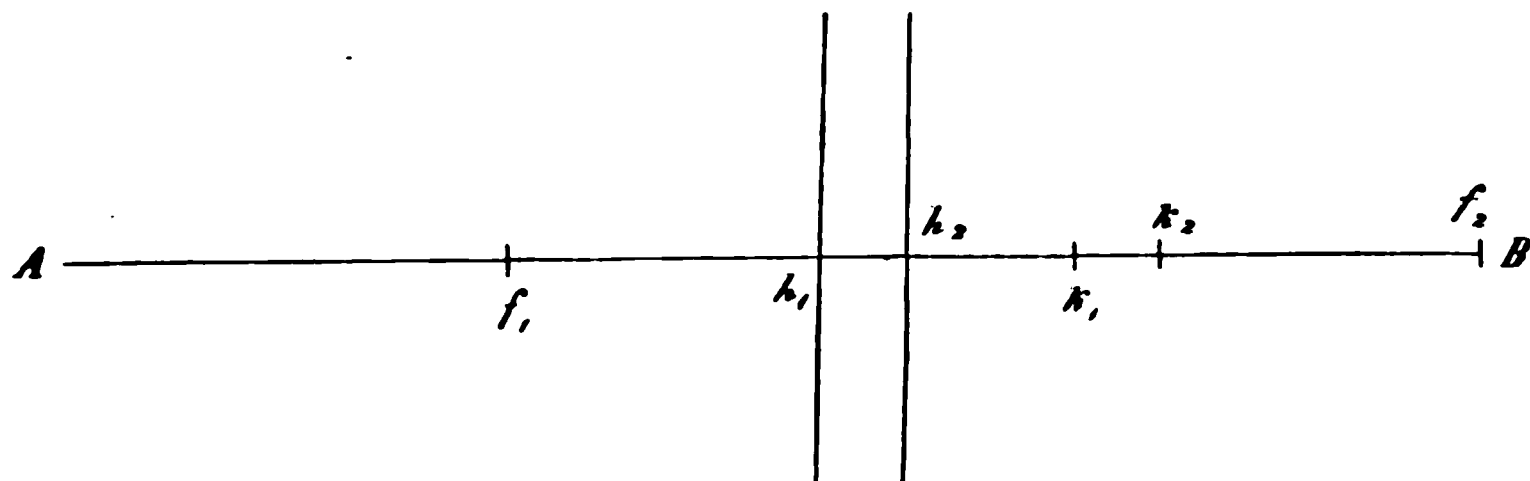
2) Die Hauptpunkte.

Der zweite Hauptpunkt ist das Bild des ersten, d. h. Strahlen, welche im ersten Mittel durch den ersten Hauptpunkt gehen, gehen nach der letzten Brechung durch den zweiten Hauptpunkt. Die zweite Hauptebene ist das optische Bild der ersten, und zwar sind dies die einzigen zusammengehörigen Bilder, welche gleich gross und gleich gerichtet sind.

3) Der zweite Knotenpunkt ist das Bild des ersten. Ein Strahl, der im ersten Mittel nach dem ersten Knotenpunkt gerichtet ist, geht nach der Brechung durch den zweiten Knotenpunkt, und die Richtungen des Strahls vor und nach der Brechung sind einander parallel. Die Knotenpunkte bilden also eine gewisse Analogie zum Centrum einer einzigen kugelförmigen Trennungsfläche.

Die Entfernung des ersten Hauptpunkts vom ersten Brennpunkt ist die erste Hauptweite, die des zweiten Brennpunktes vom zweiten Hauptpunkt die zweite. Sie wird positiv gerechnet, wenn der erste Hauptpunkt im Sinne der Fortbewegung des Lichtes hinter dem ersten Brennpunkte liegt. Umgekehrt ist negativ bei der zweiten Brennweite.

Fig. 207.



In beistehender Figur 207 sei  $AB$  die Axe eines centrirten Systems, von  $A$  kommt das Licht her;  $f_1$  ist der erste,  $f_2$  der zweite Brennpunkt,  $h_1$  der erste und  $h_2$  der zweite Hauptpunkt,  $k_1$  der erste,  $k_2$  der zweite Knotenpunkt, so ist  $f_1 h_1$  die erste (posi-



tive) Hauptbrennweite. Dagegen  $f_2 h_2$  als die Entfernung des zweiten Brennpunkts vom zweiten Hauptpunkt ist die zweite Hauptbrennweite, positiv rechnet, wenn, wie in der Figur, der Brennpunkt hinter dem Hauptpunkte liegt.

Zur näheren Bestimmung gibt HELMHOLTZ noch folgende Gleichungen, die sich aus den gegebenen Definitionen ergeben:

1) Die Entfernung des ersten Knotenpunkts vom ersten Brennpunkt ist gleich der Hauptbrennweite, umgekehrt die des zweiten Knotenpunkts vom zweiten Brennpunkt der ersten Hauptbrennweite. Also

$$\left. \begin{aligned} f_1 k_1 &= f_2 h_2 \\ f_1 h_1 &= f_2 k_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots$$

2) Daraus folgt, dass der Abstand der gleichnamigen Haupt- und Knotenpunkte voneinander gleich dem Unterschiede der beiden Brennweiten ist:

$$k_1 h_1 = k_2 h_2 = f_2 h_2 - f_1 h_1 \} \dots \dots \dots$$

3) und dass ausserdem der Abstand der beiden Knotenpunkte von einander gleich dem Abstand der beiden Hauptpunkte von einander:

$$h_1 h_2 = k_1 k_2 \} \dots \dots \dots$$

Endlich verhalten sich die beiden Hauptbrennweiten zu einander wie die Brechungsverhältnisse des ersten und letzten Mittels:

$$\left. \frac{f_1 h_1}{n_1} = \frac{f_2 h_2}{n_2} \right\} \dots \dots \dots$$

Ist also das letzte Mittel dem ersten gleichartig ( $n_1 = n_2$ ), wie es bei den meisten optischen Instrumenten, nicht aber beim Auge der Fall ist, so sind die beiden Hauptbrennweiten gleich, und es fallen die gleichnamigen Haupt- und Knotenpunkte zusammen nach Gleichung 3).

Die ersten Brenn- und Hauptpunkte und Knotenpunkte beziehen sich nach den gegebenen Definitionen stets auf den Gang der Strahlen im ersten Medium, die zweiten auf den Gang im letzten Medium.

**Zur Lichtbrechung im Auge.** — In dem Auge haben wir es nicht mit sphärisch gekrümmten Flächen zu thun, sondern mit Rotationsflächen von Curven, mit Ellipsoiden, Paraboloiden. Die eben mitgetheilten Brechungsgesetze gelten auch für centrirte optische Systeme solcher Rotationsflächen, wenn wir, wie das schon für die bisherigen Betrachtungen war, nur diejenigen Strahlen berücksichtigen, welche ganz nahe der Axe eintreffen. Man kann in diesem Falle für anderweitige Rotationsflächen sphärisch gekrümmte Flächen substituieren. Man setzt dabei für jede der anderen Rotationsflächen diejenige sphärisch gekrümmte Fläche in die Rechnung ein, welche durch die Rotation desjenigen Kreises entstehen gedacht werden kann, der mit der die betreffende andere Rotationsfläche bildenden Curve in dem Punkte, wo die Augenaxe diese Curve berührt, die Osculation höchster Ordnung hat. Es ist das derjenige durch Rechnung zu findende Kreis, welchen die Curve in dem Schnittpunkt der Augenaxe berührt und sich hier möglichst langsam von ihr entfernt, d. h. als alle übrigen Kreise mit der Curve in unmittelbarer Berührung bleibt.

### Beispiele.

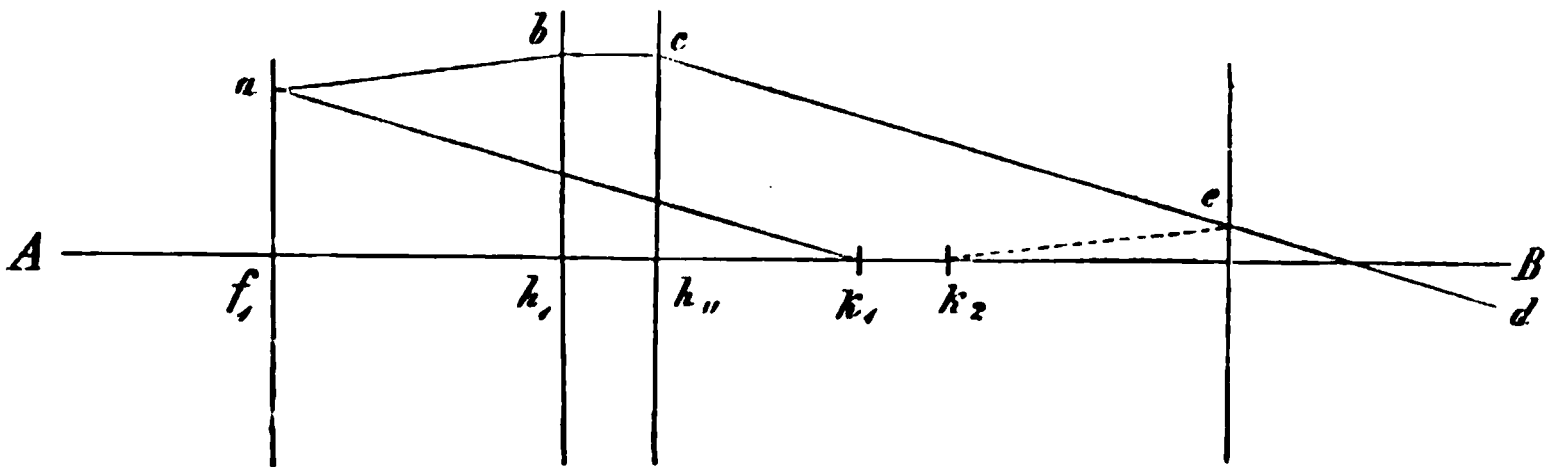
Um den Gang der Lichtstrahlen in einem centrirten System anschaulich zu machen, theilt HELMHOLTZ die unten stehenden Beispiele, zu deren Verständniss wir uns, aus dem obigen schon Gesagten, an Folgendes zu erinnern haben.

Lichtstrahlen, welche von einem Punkte der ersten Brennebene ausgegangen sind, sind nach der Brechung unter einander parallel, und da nach der Definition der Knotenpunkte der vom leuchtenden Punkt nach dem ersten Knotenpunkt gerichtete Strahl nach der Brechung seiner ursprünglichen Richtung parallel sein soll, so müssen alle Strahlen, die von dem leuchtenden Punkt in der ersten Brennebene ausgegangen sind, jenem Strahle nach der Brechung parallel sein. Strahlen, welche im ersten Mittel unter einander parallel sind, vereinigen sich, wie wir wissen, in einem Punkt der zweiten Brennebene, und da derjenige von den parallelen Strahlen, welcher durch den ersten Knotenpunkt geht, nach der Brechung vom zweiten Knotenpunkt ausgeht, so sind alle Strahlen, die im ersten Mittel parallel waren, nach der Brechung durch den zweiten Knotenpunkt ausgegangen.

Knutenpunkte aus seiner früheren Richtung parallel weiter geht, so muss der Vereinigungspunkt der parallelen Strahlen da liegen, wo dieser letztere Strahl die zweite Brennebene schneidet.

Diese Regeln genügen, um in jedem Falle, wenn der Weg eines Strahls im ersten Medium gegeben ist, seinen Weg nach der letzten Brechung zu finden, und wenn ein leuchtender Punkt im ersten Medium gegeben ist, den Ort seines Bildes nach der letzten Brechung zu bestimmen (Fig. 208).

Fig. 208.



1te Aufgabe. Es sei  $ab$  die Richtung eines Strahls im ersten Medium, man soll seinen Weg im letzten Medium finden.

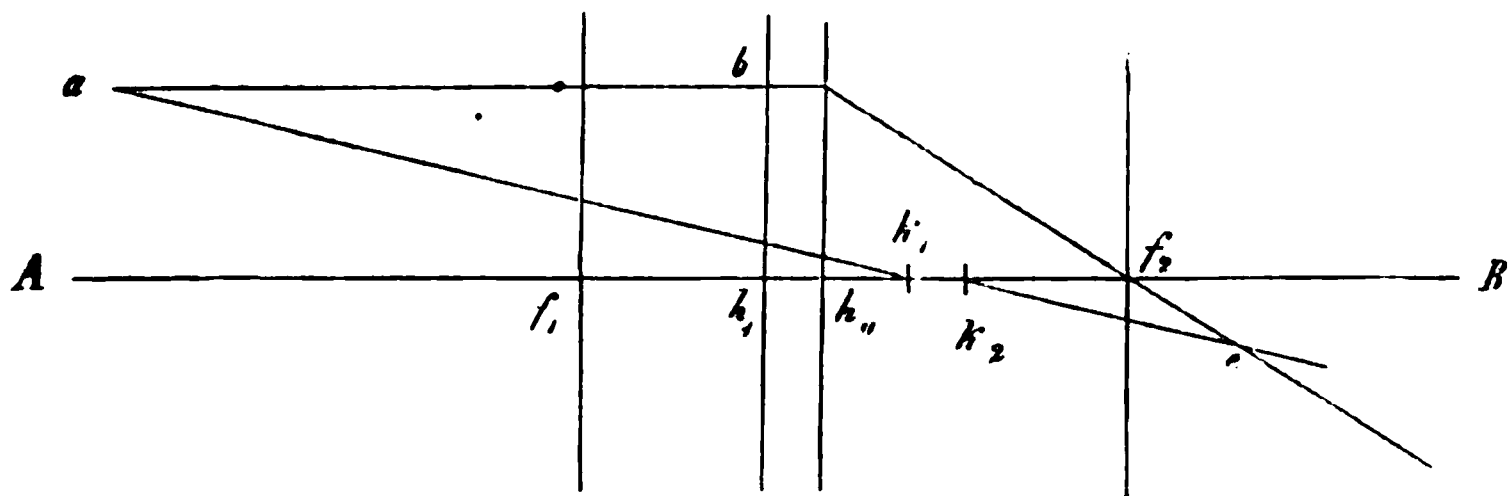
Es sei  $a$  der Punkt, wo er die erste Brennebene,  $b$  der Punkt, wo er die erste Hauptebene schneidet (wobei im Allgemeinen die beiden Punkte  $a$  und  $b$  nicht in einer Ebene mit der Achse Systemes  $AB$  liegen werden).

Das Bild des Punktes  $b$  liegt in der zweiten Hauptebene, da die eine Hauptebene das Bild der andern ist; und da ferner in diesem Falle (bei den Hauptebenen) das eine Bild dem andern gleich und gleichgerichtet sein soll, so liegt das Bild des Punktes  $b$  der ersten Hauptebene in dem Fusspunkt des von  $b$  auf die zweite Hauptebene gefällten Lothes  $bc$ . Jeder Lichtstrahl, von  $b$  ausgeht oder durch  $b$  hindurchgeht, muss also nach der Brechung durch  $c$  gehen, dem Bild von  $b$ ; so auch die Fortsetzung des Strahles  $ab$ .

Zweitens geht der Strahl  $ab$  durch den Punkt  $a$  der ersten Brennebene. Jeder Strahl, welcher von einem Punkte der ersten Brennebene ausgeht, ist nach den oben gegebenen Regeln nach der Brechung parallel dem Strahle, welcher von jenem Punkte  $a$  nach dem ersten Knutenpunkte geht. Also muss der Strahl  $ab$  nach der Brechung durch  $c$  gehen und parallel sein. Man ziehe  $cd$  parallel  $ak_1$ , so ist  $cd$  der gebrochene Strahl. Die Fig. 208 deutet noch eine zweite Auflösung an.

2te Aufgabe. Es sei  $a$  ein leuchtender Punkt; es soll sein Bild gefunden werden.

Fig. 209.



Man braucht nur zwei Strahlen von  $a$  aus auf die erste Hauptebene zu ziehen, und deren Weg nach der Brechung zu construieren. Wo sie sich schneiden, liegt das Bild von  $a$ . Wenn  $a$

ausserhalb der Axe liegt, so ist es am bequemsten, zur Construction den mit der Axe parallelen Strahl  $ab$  und den nach dem ersten Knotenpunkte gehenden  $ak_1$  zu benutzen. Welcher Punkt ist, wo der erste Strahl die zweite Hauptebene schneidet (der Punkt  $c$  ist auf der zweiten Hauptebene nicht bezeichnet), so ziehe man die Linie  $cf_2$  und verlängere sie hinreichend, so dass sie die durch  $k_2$  parallel mit  $ak_1$  gelegte Linie in  $e$  schneidet. Der Ort des Bildes ist der Punkt, an dem der Strahl  $ab$  nach der Brechung längs  $ce$  und  $ak_1$  längs  $k_2e$  geht, ergibt sich aus der Aufgabe und den Definitionen. Liegt der Punkt  $a$  in der Axe, so geht einer seiner Strahlen der Axe selbst ungebrochen fort. Man braucht dann nur irgend einen andern Strahl zu construiren, der ausserhalb der Axe verläuft. Wo letzterer nach der Brechung die Axe schneidet, ist der Ort des Bildes (Fig. 209).

Die mathematischen Nachweise sind in HELMHOLTZ' Handbuch der physiologischen Optik nachzusehen. Ein etwas ausführlicherer Auszug als der unsere aus HELMHOLTZ' Darstellung des Ganges der Lichtstrahlen in centrirten optischen Systemen findet sich in dem I. Theile der Physiologie von C. LUDWIG.

### Strahlenbrechung im Auge.

In Bau und Strahlenbrechung entspricht das Auge im Allgemeinen der Camera obscura. Bei dieser entwirft ein optischer Sammelapparat auf einem auffangenden Schirme verkleinerte, umgekehrte Bilder von Gegenständen, deren Strahlen auf die brechenden Flächen auftreffen. Das Gleiche leistet das lichtbrechende Auge, die Netzhaut ist der auffangende Schirm, auf welchem reelle Bilder der Objecte, welche ihre Strahlen in das Auge werfen, verkleinert und verkehrt entworfen werden.

Um das reelle Netzhautbildchen im Menschen- und Säugethierauge anschaulich zu machen, genügt es, an einem ausgeschnittenen Auge ein Stück der Sclerotica und Aderhaut abzuschneiden. Man kann nun das Bild eines Gegenstandes, etwa eines Lichtes, an der betreffenden Stelle durch die Augenmedien entwerfen lassen und seine Eigenschaften studiren. Die Augen von Kaninchen, besonders von albinotischen, die sich durch den Mangel an Pigment auszeichnen, lassen, wenn auch etwas weniger scharf, das Netzhautbildchen ohne Weiteres durch die durchscheinende Sclerotica beobachten. Man kann in analoger Weise auch am Auge des Menschen das Netzhautbildchen zur Anschauung bringen. Lässt man eine blonde Person ihr Auge möglichst stark nach aussen wenden, und hält ein Licht in einem sonst dunklen Raum noch etwas weiter seitlich als die Sehaxe, so schimmert im inneren Augenwinkel das Netzhautbildchen des Lichtes oft so deutlich durch, dass man nicht nur seine umgekehrte Abbildung, sondern auch den Docht deutlich wahrnehmen kann. Durch die Entdeckung des Augenspiegels trat die Beobachtung des Netzhautbildchens in ein neues Stadium, cf.

Die Beobachtung ergibt, dass nur diejenigen Objecte, deren Bilder auf dem gelben Fleck der Netzhaut zu liegen kommen, scharf gezeichnet erscheinen. Je nach dem Orte der Netzhaut zu verringert sich die objective Deutlichkeit der Abbildung. Es entspricht diese objective Beobachtung den subjectiven Sehschärfen. Am gelben Fleck ist die Sehschärfe am bedeutendsten, sie nimmt nach der Peripherie der Netzhaut zu sehr rasch ab, und zwar noch rascher, als die objective Schärfe der Zeichnung des Netzhautbildchens, wodurch ein Nachweis der Abnahme der Netzhautempfindlichkeit gegen die Randtheile zu erwiesen wurde. Mit dem Augenspiegel kann man, gestützt auf diese Beobachtungen, direct nachweisen, dass die Netzhautgrube des gelben Fleckes, die sich durch

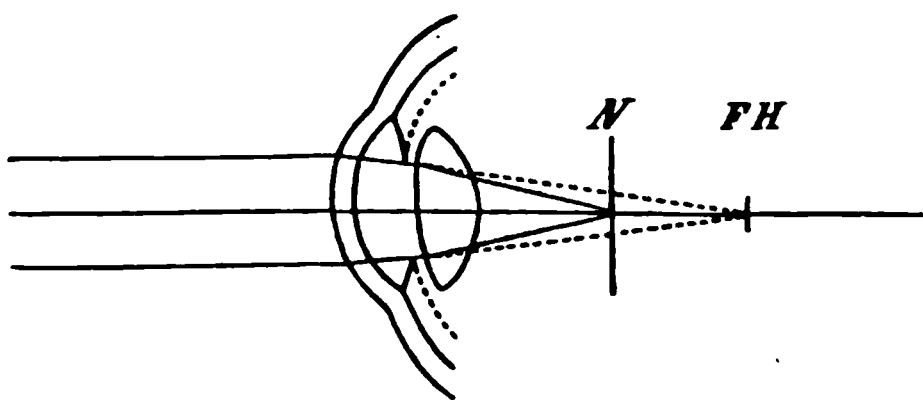
igentümlichen Reflex kenntlich macht (Coccius, DONDEES), der Ort des directen, entlichsten Sehens ist.

Von allen künstlichen optischen Apparaten zeichnet sich das Auge durch die Grösse seines Gesichtsfeldes aus. Das Gesichtsfeld beider Augen, wenn ihre Axen parallel in die Ferne gerichtet sind, umspannt einen horizontalen Bogen von mehr als  $180^\circ$ , der durch die Augenbewegungen noch vergrössert werden kann. Das Gesichtsfeld des einzelnen Auges ist zwar nicht ganz so gross, da ein Theil nach innen, oben und unten durch Theile des Antlitzes, Nase, Augenbrauen und Wangen eingenommen wird. Aber alles Licht, welches durch die Hornhaut in die Pupille fällt, trifft noch auf empfindliche Theile der Netzhaut, und wegen der Brechung in der Hornhaut können selbst senkrecht auf die Augenaxe fallende Strahlen, welche noch den Hornhautrand treffen, in die Pupille gelangen, so dass das Gesichtsfeld auch jedes einzelnen Auges, abgesehen von der angegebenen Beschränkung etwa einer halben Kugel entspricht. Aus dem über das Netzhautbildchen Gesagten ergibt sich, dass gleichzeitig doch immer nur die dem gelben Fleck entsprechende Partie dieses grossen Gesichtsfeldes scharf gesehen werden kann. Das Gesamtbild entspricht einer Zeichnung, in welcher nur das Wichtigste sorgfältig ausgeführt, der übrige Theil aber nur skizzirt ist, und zwar je weiter vom Hauptgegenstand ab, um so weniger sorgfältig. Ein Blick gewährt uns also eine allgemeine Uebersicht über die weite Umgebung, immerhin scharf genug, dass neue irgendwo im Gesichtsfelde auftretende Erscheinungen sogleich unsere Beachtung erregen. Die Beweglichkeit unserer Augen ermöglicht es dann, nach und nach jeden einzelnen Theil des Gesichtsfeldes genau zu betrachten, indem wir die betreffenden Objekte sich auf dem gelben Fleck abbilden lassen.

An der **Strahlenbrechung im Auge** betheiligt sich am stärksten die Hornhaut, dann folgen die vordere und die hintere Linsenfläche. Auch an den Grenzen der verschiedenen Linsenschichten findet eine Brechung im Innern der Linse statt, da die Linsenschichten ihrer verschiedenen Dichtigkeit wegen auch ein verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besitzen (S. 848). Alle Lichtstrahlen werden von der Hornhaut so gebrochen, dass sie, gestört weiter gehend, etwa 10 mm hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen würden. Sie treffen aber schon dem Durchtritt durch die Hornhaut schon stark konvergierend auf die Linse, welche die Konvergenz derselben soweit steigert, dass der Vereinigungspunkt der Strahlen auf die Netzhaut trifft (Fig. 240).

Die Mittelpunkte der einzelnen brechenden Flächen der meisten menschlichen Augen weichen so wenig von der Augenaxe ab, dass wir das Auge unbequemlich als ein centrirtes optisches System betrachten dürfen. Die Augenaxe, die Axe dieses Systems centrirter optischer Flächen verläuft vom Hornhautmittelpunkt zu einem Punkt zwischen gelbem Fleck und Nerveneneintritt. Ziemlich bedeutenden individuellen Schwankungen

Fig. 240.



N Netzhaut, FH der hintere Brennpunkt der Hornhaut.

unterliegt nach dem directen Ergebniss der Messungen die Lage der **Kardinalpunkte** des Auges, sie erleiden auch noch bei dem Fernsehen eine Aenderung. Ueber ihre Lage im normalen, fernsehenden Auge kann man im Allgemeinen Folgendes aussagen **HELMHOLTZ**

Der erste **Hauptpunkt** liegt dem zweiten sehr nah, also auch der erste **Knotenpunkt** dem zweiten. Die beiden **Hauptpunkte** des Auges liegen etwa in der Mitte der vorderen Augenkammer, die beiden **Knotenpunkte** sehr nahe der hinteren Fläche der Linse, der zweite **Brennpunkt** liegt auf der Netzhaut Fig. 211.

Das optische Brechungsvermögen der wässrigen Feuchtigkeit des Menschen nach **HELMHOLTZ** im Mittel 1,3365 nach **HMSCHBERG** der nach analoger Methode 1,3374. Das des Glaskörpers fand Ersterer zu 1,3382, Letzterer zu 1,3360 und das der Flüssigkeit zu 1,33705. **KNAUSE** fand nach einer anderen Methode für wässrige Feuchtigkeit 1,3420, für Glaskörper 1,3485. Die Werthe gelten für Zimmertemperatur, sie ändern sich für Blutwärme etwa um 0,001. Die Angaben **E. CROX** über denselben Gegenstand sehr vollkommen mit denen **HMSCHBERG**'s überein. **S. FLEISCHER** findet das Brechungsvermögen des Humor aqueus und des Corpus vitreum nicht wesentlich verschieden 1,3305 und 1,3307 **LISTING** Den Exponenten des Menschenauges nimmt er im Mittel zu 1,3371 bei Blutwärme der Werth vermindert, so glaubt **FLEISCHER** für alle Wärmestadien eine Constante 1,335 aufstellen zu können. Für die Linie D und Zimmertemperatur fand er unter gleichen Bedingungen wie bei seinen anderen Beobachtungen fand er den Exponenten des destillirten Wassers zu 1,3340.

Zum Zweck der Rechnung wählte **LISTING** für die Constanten eines schematischen Auges möglichst abgerundete, den Messungen sich anschliessende Werthe. Er nahm an:

Brechungsvermögen	{	1. Brechungsvermögen der Luft . . . . .
		2. - - - wässrigen Feuchtigkeit . . . . .
		3. - - - Linse . . . . .
		4. - - - Glaskörper . . . . .
Krummungshalbmesser	{	5. Krummungshalbmesser der Hornhaut . . . . .
		6. - - - vorderen Linsenfläche . . . . .
		7. - - - hinteren Linsenfläche . . . . .
		8. Entfernung der vorderen Hornhautfläche und der Linsenfläche . . . . .
		9. Dicke der Linse . . . . .

Er berechnete aus diesen Annahmen

1. Der erste Brennpunkt liegt 12,832 mm von der Hornhaut, der zweite Brennpunkt 14,6470 mm hinter der Hinterfläche der Linse.

2. Der erste Hauptpunkt liegt 2,4746 mm, der zweite 2,5724 mm hinter der vorderen Fläche der Hornhaut, ihr gegenseitiger Abstand beträgt 0,3978 mm.

3. Der erste Knotenpunkt liegt 0,7380 mm, der zweite 0,3602 mm hinter der vorderen Fläche der Linse.

4. Die erste Hauptbrennweite des Auges beträgt hiernach 13,0072 mm, die zweite 20,0746 mm.

Das verschiedene Brechungsvermögen der durchsichtigen Medien macht den Gang der Lichtstrahlen im Auge zu einem sehr mannigfaltigen. Am stärksten werden die Strahlen zum Einfallslot gebrochen, indem sie aus der Luft in die relativ dichte der Hornhautsubstanz übergehen. Der Humor aqueus hat ein niedrigeres Brechungsvermögen als die Hornhaut, die Brechung ist daher in ihm eine andere. Indem die Strahlen von aussen nach innen aus den weniger dichten Schichten in die dichteren Centralschichten eindringen, werden sie dem Einfallslot

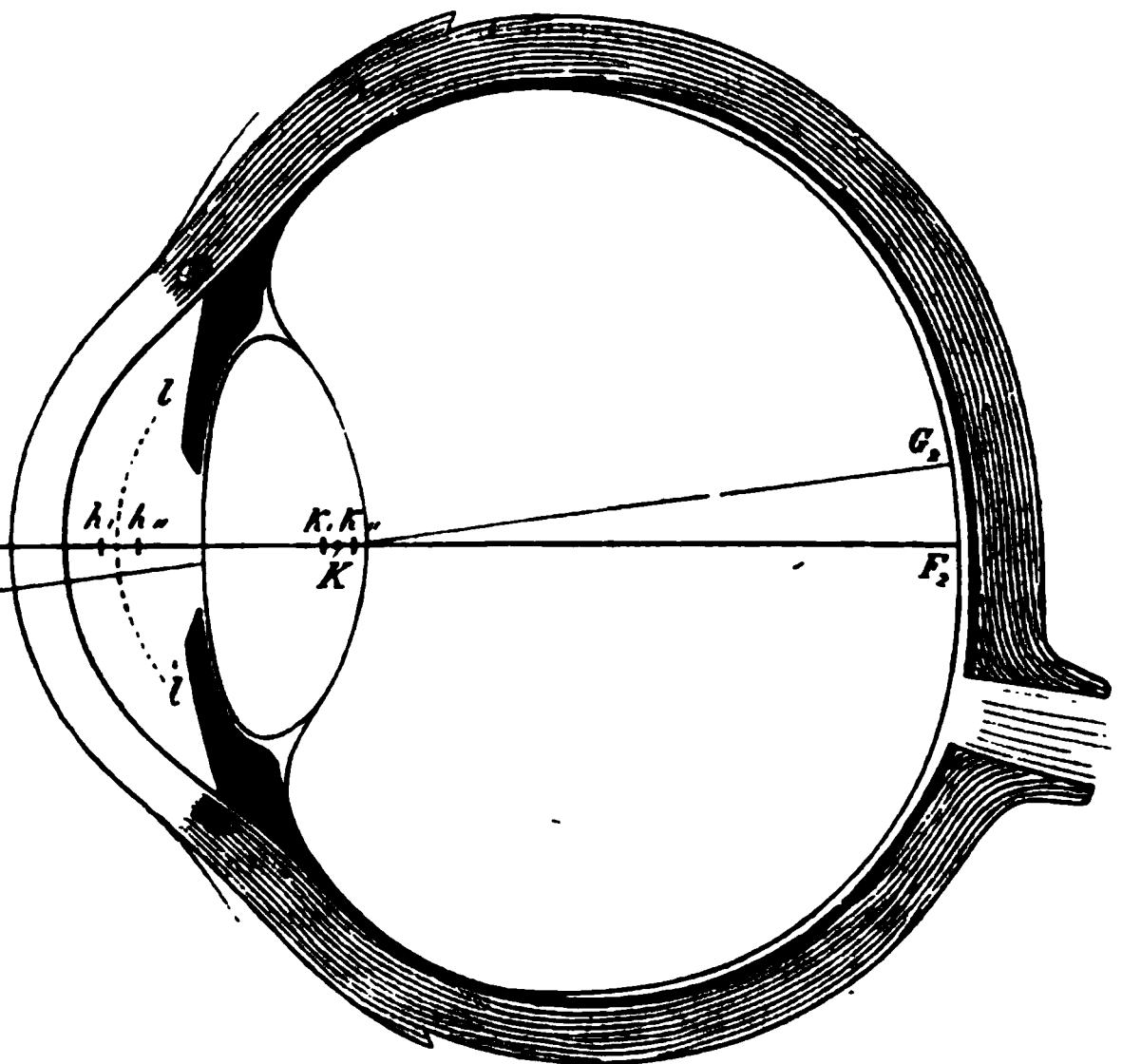


brechen, auf der zweiten Hälfte ihres Wegs dagegen aus der analogen Ursache vom Einfallsweg weg, dann findet im Glaskörper wieder eine neue, die letzte Brechung statt. In der Linse ist sonach, wie schon mehrmals angemerkt, der Gang der Lichtstrahlen ein krummliniger.

In der nachstehenden Fig. 244 ist die Lage der Hauptpunkte  $h, h''$ , Knotenpunkte  $k, k''$ , Brennpunkte  $F_1, F_2$  nach LISTING verzeichnet. Das LISTING'sche Schema stimmt mit den natürlichen Verhältnissen so gut überein, als es bei der grossen Breite der individuellen Unterschiede möglich erscheint.

Da die Haupt- und Knotenpunkte des schematischen Auges sehr nahe zusammen liegen, kann man bei der Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen, ohne erhebliche Beeinträchtigung der Genauigkeit, die beiden Haupt- und Knotenpunkte je in einen Punkt zusammenfassen. LISTING nennt das dadurch entstehende noch mehr vereinfachte Augenschema: das

Fig. 244.



Horizontaldurchschnitt durch das rechte Menschenauge nach HELMHOLTZ. Die obere Seite ist die Schläfen-, die untere die Nasenseite des Auges.  $G_1, G_2$  Gesichtslinie;  $F_1, F_2$  Axe.

reducirte Auge. Der einfache Hauptpunkt dieses reducirten Auges liegt 2,3448 mm hinter der Vorderfläche der Hornhaut, der Knotenpunkt  $K$  0,4764 mm vor der hinteren Linsenfläche, die Brennpunkte bleiben natürlich unverändert. Die Wirkung des reducirten Auges würde einer brechenden Kugelfläche (ll, Fig. 244) entsprechen, deren Mittelpunkt der einfache Knotenpunkt  $K$  ist, und deren Scheitel im einfach gedachten Hauptpunkt liegt, vor ihr befindet sich Luft, hinter ihr wässrige Feuchtigkeit oder Glaskörpersubstanz. Der Krümmungsradius einer solchen Kugelfläche berechnet sich auf 5,4284 mm. Viele theoretische Betrachtungen, bei denen es nur auf Grösse und Lage der Bilder ankommt, werden durch Anwendung des reducirten Schemas sehr erleichtert.

Wenn man, wie sehr häufig, weiss, dass scharfe Bilder auf der Netzhaut entworfen werden, so kommt es also nur darauf an, den Ort des Netzhautbildes zu bestimmen, genügt die Kenntniss der Knotenpunkte. Nimmt man dazu der Einfachheit wegen nur einen Knotenpunkt, so findet man das Bild, wenn man vom Object eine gerade Linie durch den Knotenpunkt zur Netzhaut zieht; wo diese die Netzhaut trifft, ist der Ort des Bildes. Man nennt jede solche gerade Linie Richtungslinie des Sehens und bezeichnet den einfach gedachten Knotenpunkt als Kreuzungspunkt der Richtungslinien. Das vor der Hornhaut und

das hinter der Linse liegende Stück einer solchen Linie entspricht zugleich dem wahren Wege des durch die Richtungslinie repräsentirten Lichtstrahles, den HELMHOLTZ *Richtungsstrahl* nennt; nur zwischen der vorderen Hornhautfläche und der hinteren Linsenfläche fällt, was sich aus dem Obigen ergibt, der Richtungsstrahl nicht nothwendig mit der Richtungslinie zusammen.

Man bezeichnet den Richtungsstrahl, welcher die Mitte der Stelle des directen Schattens trifft, als *Gesichtslinie*. Die *Augenaxe*, deren Ende nach dem Obigen nicht auf die Netzhautgrube trifft, und die *Gesichtslinie* sind in ihrer Lage also nicht identisch. Vor dem Auge weicht die Gesichtslinie nach innen und meist etwas nach oben von dem Auge ab, die Netzhautgrube nach aussen und meist etwas nach unten von der Augenaxe liegt. In der Fig. 1 ist  $G_1 G_2 =$  Gesichtslinie,  $F_1 F_2 =$  Axe. Die obere Seite der Figur ist die Schläfenseite, untere die Nasenseite.

**Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut.** — Von einem Punkte ausgehendes Licht bildet, wenn es durch die Pupille hindurchgetreten ist, im Auge einen Lichtkegel, dessen Basis in der Pupille liegt. Die Kegelbasis hat, wie der Augenschein ergibt, die Gestalt der Pupille, ist also beim Menschen normal kreisrund. Der Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen bildet die Spitze des Kegels, er ist gegen die Netzhaut zugewendet; fällt er vor die Netzhaut, so divergiren von ihm aus die Strahlen wieder, so dass die Netzhaut selbst von einem kegelförmigen Lichtbüschel getroffen wird. Das Bild des Punktes auf der Retina kann dann ein leuchtender Punkt sein, sondern er ist eine der grösseren Ausdehnung der Beleuchtung entsprechend lichtschwächere, leuchtende Kreisscheibe, mit um so grösserem Durchmesser, je weiter vor der Retina der Kreuzungspunkt der Strahlen sich befindet. Liegt der Kreuzungspunkt der Strahlen hinter der Retina, so wird diese ebenfalls von einem kegelförmigen Lichtbüschel getroffen, dessen Durchschnitt sich als eine um so grössere Kreisscheibe auf der Retina darstellen wird, je weiter der ideale Kreuzungspunkt der Strahlen hinter der Netzhaut liegt. Eine solche von dem Lichte eines leuchtenden Punktes ausserhalb des Auges beleuchtete Kreisscheibe der Netzhaut nennt man *Zerstreuungskreis*, *Zerstreuungsbild*. Die Kreisform kann durch eine Veränderung der Pupillarform verändert werden. Feinste Lichtlinien, welche wir als aus einer Reihe von Lichtpunkten zusammengesetzt betrachten können, werden dadurch, dass sich von jedem dieser Punkte ein Zerstreuungskreis bildet, welche Zerstreuungskreise sich theilweise decken, zu einem breiteren, lichtschwächeren, oben und unten abgerundeten Lichtstreifen. Aus demselben Grunde bleibt bei gleichmässig hellen Flächen im Zerstreuungsbilde die Mitte, wo sich die Zerstreuungskreise der Lichtpunkte vollkommene decken, von gleicher Lichtstärke wie das scharfe Bild, nur die Ränder erscheinen verwischt und lichtschwach.

### Accommodation.

**Begriff der Accommodation.** Nur diejenigen Objecte können deutlich gesehen werden, welche ein scharf gezeichnetes Bild auf der percipirenden Fläche der Netzhaut entwerfen. Die Vereinigung homocentrischer Strahlen durch Brechung an kugelig gekrümmten Flächen, wie z. B. in der Camera obscura oder in dem Auge, findet, wie wir sahen, je nach dem Abstände des leuchtenden Punktes von den brechenden Flächen in verschiedenen Entfernungen hinter denselben statt. Auf dem auffangenden Schirme der Camera obscura erscheinen daher nach der Entfernung desselben von der Sammellinse nur Objecte deutlich, welche in bestimmter Entfernung von dem Instrumente abstehen, während andere Objecte, in anderer Entfernung stehend, mehr oder weniger undeutlich oder verwaschene Zerstreuungsbilder darstellen. Die gleiche Erscheinung zeigt sich im Auge. Wir können mit dem Augenspiegel direct beobachten, dass, wenn

fernte Gegenstände deutliche Netzhautbilder entwerfen, gleichzeitig dem nahe gelegene Objecte im Bilde undeutlich oder gar nicht erscheinen e. v. v.

Bei der Camera obscura können wir willkürlich, indem wir die Entfernung des auffangenden Schirmes von der brechenden Linse verändern, bald von nahen, bald von ferneren Objecten uns scharfe Bilder entwerfen lassen. Dasselbe kann dadurch erreicht werden, dass wir, unter Beibehaltung der gegebenen Entfernung der brechenden Fläche von dem auffangenden Schirme, der brechenden Fläche eine passend gewählte stärkere oder schwächere Krümmung geben, resp. in den Apparat stärker oder schwächer brechende Linsen einsetzen, da Linsen von stärkerer Krümmung das optische Bild in geringerer Entfernung vor sich entwerfen als solche mit schwächerer Krümmung.

Auch das Auge kann willkürlich durch Veränderung seiner optischen Constanten, bald von näher, bald von ferner gelegenen Objecten scharfe Netzhautbilder entwerfen und dadurch bald diese, bald jene deutlich sehen. Auch können wir mit dem Augenspiegel verfolgen, dass, wenn wir z. B. einen nahen Gegenstand fixiren, sein Bild scharf auf der Netzhaut und zwar auf der Macula centralis des gelben Flecks erscheint, während gleichzeitig entferntere Objecte sich undeutlich abbilden; richten wir dann willkürlich unsere Fixation auf ein entfernteres Object, so verschwimmt das vorhin scharfe Bild des nahen Gegenstandes, während das des entfernteren deutlich und scharf hervortritt. Wir merken dabei subjectiv, dass, wenn wir, nach der Betrachtung eines entfernten Gegenstandes, unsere Fixation auf ein dem Auge näher gelegenes Object wenden, diese Veränderung des Fixationspunktes mit dem Gefühl einer gewissen Anstrengung erfolgt, welches steigt mit der Annäherung des fixirten Objectes an das Auge, endlich sind wir, von einem gewissen Punkte an, nicht mehr im Stande, deutlich zu sehen. Das Gefühl der Anstrengung fehlt, wenn wir von nahen Gegenständen ausgehend unsere Betrachtung entfernten zuwenden.

Diese mit einer gewissen Anstrengung vor sich gehende willkürliche Veränderung des Auges, um bald nahe, bald entfernte Gegenstände deutlich zu sehen, d. h. scharf auf der Netzhaut abbilden, bezeichnet man als **Accommodation** des Auges für die Entfernung des Objects.

Die Entfernungen, zwischen welchen die Accommodation möglich ist, unterliegen sehr bedeutenden individuellen Schwankungen. Den dem Auge nächsten Punkt, für welchen noch scharf accommodirt werden kann, bezeichnet man als **Nahpunkt**, den entferntesten als **Fernpunkt** des Auges oder **Accommodation**. Bei »normalen« (emmetropischen) Augen (cf. unten) pflegt der **Nahpunkt** in 4 bis 5 Zoll Entfernung vor dem Auge zu liegen, der **Fernpunkt** in sehr grosser, unendlicher Entfernung.

Von der Willkür der Accommodation und davon, dass Gegenstände in verschiedener Entfernung vom Auge nicht gleichzeitig deutlich erscheinen, kann man sich leicht durch den Versuch überzeugen. Hält man vor ein normalsichtiges oder durch eine Brille corrigirtes Auge, in etwa 6 Zoll Entfernung, während das andere Auge geschlossen ist, einen durchsichtigen Schleier oder ein Drahtnetz, und hinter diesem in grösserer Entfernung, in welcher aber Buchstaben noch deutlich erscheinen (etwa 2 Fuss), ein offenes Buch, so kann man, ohne Richtung des Auges zu verändern, willkürlich bald die Buchstaben des Buchs, bald die

Fäden des Gewebes deutlich sehen. Die Buchstaben sind undeutlich, während den des Schleiers deutlich sieht, fixirt man dagegen die Buchstaben, so erscheint nur als eine leichte gleichmässige Verdunkelung des Gesichtsfeldes. Hierbei liegt auch gut das subjective Gefühl der Accommodationsanstrengung.

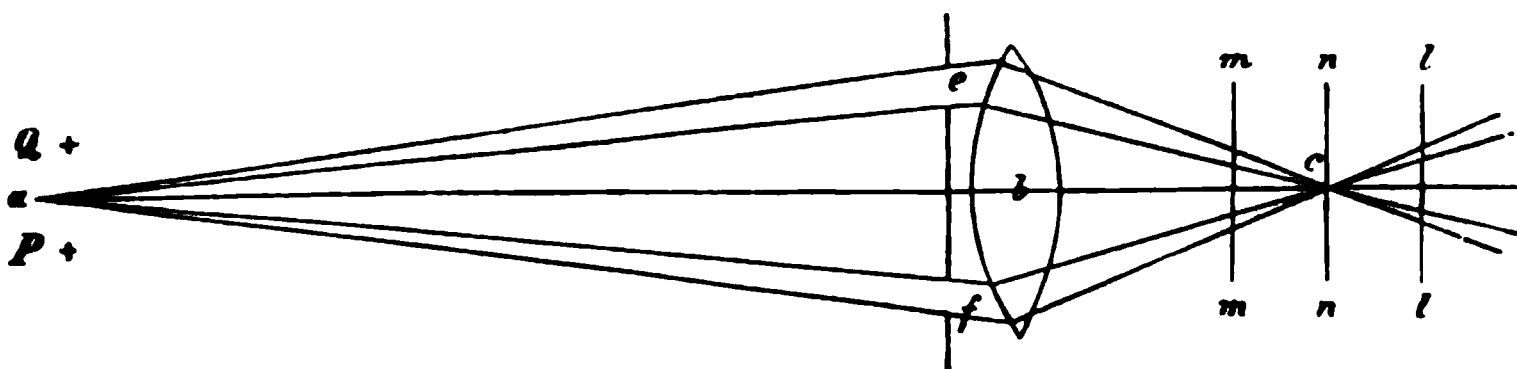
**Accommodationslinie.** — Die Angabe, dass wir verschieden entfernte Objecte gleichzeitig deutlich sehen können, bedarf einer Einschränkung. Für sehr ferne Objecte sich die Entfernung des Objectes sehr beträchtlich ändern, ohne dass die optischen Bilder von den Hauptpunkten des Auges eine merklich verschiedene Lage haben. Das Auge für unendliche Entfernung accommodirt, so sind die Zerstreuungskreise auch bis zu etwa 12 m Entfernung vom Auge immer noch so klein, dass sie keine merkliche Undeutlichkeit des Bildes bedingen. Anders ist es, wenn das Auge für einen nahen Gegenstand accommodirt ist, dann erscheinen Gegenstände schon in sehr kleinen Abständen hinter jenem undeutlich. J. CZERMAK hat den Abschnitt der Gesichtslinie, in welchem einem gegebenen Accommodationszustande des Auges ohne merkliche Undeutlichkeit liegende Objecte liegen, als *Accommodationslinie* bezeichnet. Die Accommodationslinie ist um so länger je grösser der Abstand der gleichzeitig gesehenen Objecte vom Auge wird für einen unendlich grossen Abstand unendlich gross. Man kann sich davon durch einen Blick in eine ferne Landschaft überzeugen. HELMHOLTZ rath eine Nadel vor einer bedruckten Papierfläche aufzustellen. Fixirt man die Nadel in der Ferne, so scheinen die dahinter stehenden Buchstaben undeutlich, sie nehmen bei fortgesetzter Betrachtung der Nadel an Deutlichkeit zu, je weiter man das Auge von Nadel und Papier entfernt (cf. unten Optometer).

**Visiren.** — Die Möglichkeit zu visiren beruht darauf, dass die Zerstreuungskreise von Gegenständen sehr klein sind, wenn das Auge für andere ferne Gegenstände accommodirt ist. Wir können daher erkennen, ob verschieden entfernte Punkte an einer Stelle des Gesichtsfeldes liegen. Streng genommen erscheint nur immer einer der beim Visiren betrachteten Punkte scharf, die anderen in grösseren oder kleineren Zerstreuungskreisen. Man kann dann eine genaue Deckung zweier Punkte an, wenn der deutlich gesehene Punkt genau auf dem Zerstreuungsbildes des andern liegt. Die Linie, welche wir durch zwei sich deckende Punkte ziehen können, heisst *Visirlinie*. Die Visirlinien kreuzen sich in einem Punkte, dem Kreuzungspunkt der Visirlinien, es ist das der Mittelpunkt des auf der Netzhaut entworfenen Bildes der Pupille.

Der SCHEINER'sche Versuch dient zur Erklärung der hier obwaltenden Verhältnisse. Man durch ein Kartenblatt mit einer Nadel zwei Löcher, deren Entfernung geringer ist als der Durchmesser der Pupille, und fixirt nun durch die beiden Löcher ein Object, z. B. eine Nadel, die man vor den hellen Hintergrund des Fensters hält. Wenn die Löcher des Kartenblattes horizontal neben einander liegen und man das Auge so fixirt, so erscheint die Nadel einfach, fixirt man dagegen einen näheren oder ferneren Gegenstand, so erscheint sie doppelt. Verdeckt man die eine Oeffnung des Kartenblattes, so fällt, dass die Nadel einfach ist, nur das Gesichtsfeld etwas dunkler. Sieht man die Nadel doppelt, so verschwindet bei dem Verschliessen des einen Loches das eine Bild, und zwar verschwindet, wenn man ein ferneres Object als die Nadel betrachtet, das linke Bild der Nadel beim Verschliessen des rechten Loches, hat man aber ein näheres Object accommodirt, so verschwindet das rechte Bild beim Verschliessen des rechten Loches, c. v. v. Der Versuch gelingt am leichtesten, wenn man zwei Kartenblätter neben einander vor einem hellen Hintergrund aufstellt, die eine etwa in 6 Zoll, die andere in 12 Zoll Entfernung, die eine horizontal, die andere vertikal. Fixirt man nun die eine Nadel durch die eine Oeffnung, die Doppelbilder der andern. Man muss dabei die Löcher des Kartenblattes in der Richtung der Nadel stellen, welche doppelt erscheinen soll. Macht man 3 Kartenblätter, alle drei nahe genug an einander, um gleichzeitig vor die Pupille gebracht zu können, so erscheinen entsprechend 3 Bilder der Nadel.

Man kann zur Erklärung dieser Versuche ganz entsprechende Beobachtungen an Glaslinse anstellen (Fig. 212). Es sei in der Figur *b* eine Sammellinse, vor welcher ein dunkler Schirm mit zwei Oeffnungen, *e* und *f*, angebracht ist; *a* sei ein leuchtender Punkt und *c* der Vereinigungspunkt für seine Strahlen hinter der Linse. Es werden sich also alle Strahlen der beiden Strahlenbündel, welche durch die beiden Oeffnungen des Schirmes *e* und *f* gehen, im Punkte *c* schneiden, und ein auffangender Schirm, welcher in *c* aufgestellt ist, wird nur eine Stelle als Bild des Lichtes zeigen; steht der Schirm dagegen vor dem Vereinigungspunkte *m*, oder hinter ihm in *ll*, so wird er die den beiden Oeffnungen entsprechenden Strahlenbündel gesondert auffangen und zwei helle Stellen zeigen. Denkt man sich an Stelle der Glaslinse die brechenden Medien des Auges, statt des Schirms die Retina, so ergibt sich analog, nur ein Punkt der Retina vom Licht getroffen wird, wenn ihre Fläche durch den Vereinigungspunkt der Strahlen geht, zwei Punkte dagegen, wenn sich die Netzhaut vor oder

Fig. 212.



dem Vereinigungspunkt der Strahlen befindet. Die Stellung des Schirmes in *mm* entspricht dem Falle, wo das Auge für einen fernen, die in *ll*, wo es für einen näheren Gegenstand accommodirt ist. Es zeigt sich nur ein scheinbarer Widerspruch. Verdeckt man den Versuch mit der Glaslinse die obere Oeffnung *e* des durchbrochenen Schirmes, so verschwindet bei der Stellung des Schirmes in *m* das gleichseitige obere Bild, während bei dem nahenden Auge das entgegengesetzte Bild verschwindet. Bei der Stellung des Schirmes in *ll* verschwindet umgekehrt bei der Glaslinse das entgegengesetzte, in dem nahenden Auge dagegen das gleichseitige Bild. Der scheinbare Widerspruch rührt daher, dass, wie wir wissen, die Netzhautbilder stets umgekehrt sind, es entspricht also einem tiefer liegenden Gegenstande im Gesichtsfelde ein höher stehendes Bild auf der Netzhaut. Wird daher die stehende Netzhaut an zwei Stellen vom Licht getroffen, so schliesst der Sehende von dem oberen Punkte auf einen im Gesichtsfeld unterhalb des wirklich leuchtenden Punktes befindenden Gegenstand, und aus dem unteren Punkte auf einen oberhalb bei *Q* liegenden. Verdeckt man die Oeffnung *e* verdeckt, so verschwindet demnach der obere helle Punkt auf der Netzhaut und der Experimentirende glaubt deshalb den Gegenstand *P* verschwinden zu sehen, welcher der verdeckten Oeffnung entgegengesetzt ist. In analoger Weise löst sich der scheinbare Widerspruch beim Fixiren eines nahen Gegenstandes (HELMHOLTZ).

**Wirkung eines engen Diaphragma.** — Die Accommodation kann durch künstliche Verengerung der Pupille unterstützt werden. Bringt man einen Schirm mit enger Oeffnung vor das Auge, so kann man nun Gegenstände deutlich sehen, für welche man das Auge nicht accommodiren kann. Die Grundfläche des in das Auge eindringenden Strahlenbündels ist der engen Oeffnung entsprechend kleiner, und im gleichen Verhältnisse alle seine Querschnitte, also auch der Zerstreuungskreis auf der Netzhaut. Ebenso wirkt er auch eine wirkliche Verengerung der Pupille selbst.

**Mechanismus der Accommodation.** Bei der Accommodation treten eine Reihe Veränderungen im Auge ein, auf denen die Fähigkeit des Auges, sein optisches Brechungsvermögen verschiedenen Entfernungen anzupassen, beruht. Wesentlichen gipfeln diese Veränderungen in einer Veränderung der Krümmung, womit das Gesamtbrechungsvermögen des Auges steigt



und fällt und daher in das Auge einfallende homocentrische Strahlen oder ferner hinter der Linse zur Vereinigung kommen. Die Netzhaut dem auffangenden Schirme in der Camera obscura entspricht, bricht nicht, wie in dem oben beschriebenen Versuche mit der Camera ihre Krümmung von den brechenden Flächen zu verändern, da sich der Entfernung der Objecte die Linsenkrümmung, in den oben angegebenen Grenzen, anpassen vermag, dass scharf gezeichnete Bilder auf der Netzhaut entstehen werden.

Folgende Veränderungen treten im Auge bei der Accommodation für die Nähe ein (HELMHOLTZ):

1. Die Pupille verengert sich bei der Accommodation für die Nähe, erweitert sich bei der für die Ferne.

Diese Veränderung ist, da sie leicht zu beobachten ist, am längsten bekannt. Man merkt sie an jedem Auge, welches man abwechselnd einen nahen und einen fern liegenden Gegenstand betrachten lässt, wenn die Pupille nur als ein dunkler Punkt zu starkes Licht dauernd verengt wird. Der Erfolg ist S. 639 angegeben.

2. Der Pupillarrand der Iris und die Mitte der vorderen Linsenfläche verschieben sich bei eintretender Accommodation für die Nähe etwas nach vorn.

Um dies zu beobachten, wähle man nach HELMHOLTZ einen scharf bestimmten Fixationspunkt und stelle als nähern eine Nadelspitze hin. Der Beobachtete schließt ein Auge und bringt das andere in eine solche Stellung, dass die Nadelspitze den Fixationspunkt genau deckt. Das Auge darf diese Stellung nicht verlassen und darf nicht liegende Gegenstände abschweifen, weil es bei diesem Versuche wesentlich kommt, dass die Richtung des Auges nicht verändert wird. Der Beobachter hält das Auge so, dass er die Hornhaut des beobachteten Auges von der Seite und etwas von vorn sieht, dass er die schwarze Pupille dieses Auges etwa noch zur Hälfte vor dem Hitzrand der Sclerotica hervorragen sieht, so lange das beobachtete Auge in die Ferne blickt. Dann lässt er den näheren Gegenstand, die Nadelspitze, fixiren. Sogleich wird er bemerken, dass die schwarze Oval der Pupille und auch ein Theil des ihm zugekehrten Irisrandes und der Sclerotica sichtbar werden. Dass die vordere Linsenfläche stets dicht hinter der Pupille liegt, also mit ihr vorrückt, ist oben erwiesen.

3. Die vordere Fläche der Krystalllinse wird beim Nahesehen, flacher beim Sehen in die Ferne.

Man kann das an der Grössenveränderung der SAXSON'schen Bilder beobachten. Man dreht drei Spiegelbildchen eines Lichtes im Auge beobachten von welchen das erste von der Netzhaut, das zweite von der Vorderfläche der Linse das dritte von der Hinterfläche der Linse gespiegelt werden. Ein convexer Spiegel gibt wie wir sahen unter sonst gleichen Umständen desto kleinere Bilder, je kleiner sein Radius ist, wenn sich eine der Flächen des Auges bei dem Sehen in die Nähe stärker krümmt, so muss ihr Spiegelbild kleiner werden. Man kann eine Grössenabnahme an dem verwachsenen und kleinen Spiegelbilde der Vorderfläche der Linse deutlich beobachten, wenn man in einem dunklen Zimmer eine stark leuchtende Lampenflamme in das Auge fallen lässt. Bei dieser Beobachtung nicht eine sondern zwei etwa gleichhelle Lichtquellen in das Auge entwerfen zu lassen am einfachsten so, dass man durch zwei sehr kleine Löcher eines Schirmes je ein Licht scheinen lässt. Jede der drei genannten Augenflächen liefert dann zwei helle Bilder, und man sieht leicht und deutlich, wie die

linsenfläche angehörigen sich verkleinern und einander nähern, wenn das Auge in die Nähe, auseinander treten, wenn es in die Ferne sieht (Fig. 243).

Fig. 243.



Reflexe zweier rechtwinkliger Lichtpunkte (Löcher eines Schirmes). I. Beim Fernsehen. II. Beim Nahesehen. Die Reflexe entsprechen denen von einer Flamme.

Reflexe einer Flamme im Auge. I. Reflexe an der Hornhaut, II. an der vorderen Linsenfläche, aufrecht vergrößert, III. an der hinteren Linsenfläche, verkehrt verkleinert.

Diese Verkleinerung rührt nicht etwa nur von dem Nachvornerrücken der Linsenfläche her, welche freilich das Bildchen auch etwas verkleinert. Der Rechnung nach kann die Verkleinerung aus dieser Ursache nur äusserst unbedeutend sein im Vergleich mit der wirklich beobachteten.

4. Es ist weiter der Nachweis geführt, dass sich auch das Bildchen der internen Linsenfläche beim Nahesehen etwas verkleinert, wobei der scheinbare Ort der hinteren Linsenfläche nicht merklich verändert wird. Es nimmt also auch die Krümmung der hinteren Linsenfläche beim Nahesehen zu, aber nur in geringem Grade.

Da die vordere Fläche der Linse vorrückt, die hintere aber dabei ihren Ort nicht verlässt, so ergibt sich, dass die Linse beim Nahesehen in der Mitte dicker wird. Da dabei eine Volumensänderung nicht möglich ist, so lassen wir daraus schliessen, dass sich die Durchmesser ihrer Äquatorialen Ebene verkürzen, dass ihr Umfang kleiner wird, während der Dickendurchmesser zunimmt.

Durch die stärkere Wölbung der Linsenflächen bei der Accommodation für die Nähe wird ihre Brennweite verkürzt; ihre Hauptpunkte verschieben sich gleichzeitig nach vorn, theils wegen des Vorrückens der vorderen Fläche der Linse, theils weil die vordere Fläche im Verhältniss zur hinteren sich stärker wölbt. Dadurch werden die durch die Brechung an der Hornhaut schon konvergent auf die Linse fallenden Strahlen ausserer leuchtender Punkte früher zur Vereinigung gebracht, als dies in dem in die Ferne sehenden Auge der Fall ist. Die Grösse der Linsenveränderung reicht aus zur Erklärung der Accommodationsbreite des lebenden Auges.

Bei einem Fall totaler acquirirter Irideremie beobachtete HORTJON, dass bei der Accommodation für die Nähe die Ciliarfortsätze unter gleichzeitiger Schwellung vorrücken, während in dem Zonularaum keine Aenderung bemerkte.

Andere Veränderungen an den brechenden Theilen des Auges zum Zwecke der Accommodation sind bisher am Auge nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Man hat früher angenommen, dass die Hornhautkrümmung bei der Accommodation sich ändere, die genauesten Messungen mit Hilfe des Ophthalmometers haben diese Meinung widerlegt.

HELMHOLTZ bestimmte die Verschiebung des Pupillarrandes der Iris, d. h. der Vorderfläche der Linse, nach vorn beim Nahesehen in zwei Fällen. Auch die Krümmungshalbmesser der vorderen Linsenfläche bei Fern- und Nahesehen bestimmte er bei denselben beiden Augen:

	Krümmungshalbmesser der vorderen Linsenfläche		Verschiebung der Pupille bei Accommodation für die Nähe:
	fernsehend:	nahesehend:	
Auge I.	11,9	8,6	0,36
- II.	8,8	5,9	0,44

Die am Auge eintretenden Veränderungen der optischen Konstanten und Kardinalpunkte bei der Accommodation für Ferne und Nähe stellt HELMHOLTZ in folgender Tabelle zusammen, für ein schematisches Auge, das sich von dem LISTING'schen schematischen nur dadurch unterscheidet, dass die Linsenfläche etwas nach vorn gerückt und die Linse etwas dünner angenommen ist. Das Brechungsvermögen der gläsernen und wässerigen Feuchtigkeit ist wie bei LISTING  $\frac{103}{77}$ , das der Krystalllinse  $\frac{16}{11}$ . Als Ort eines Punktes ist seine Entfernung von der vorderen Hornhautfläche angegeben.

Angenommen:		Accommodation für die	
		Ferne:	Nähe:
Krümmungsradius der Hornhaut		8	8
- - vorderen Linsenfläche		10	6,0
- - hinteren Linsenfläche		6,0	5,5
Ort der vorderen Linsenfläche		3,6	3,2
- - hinteren Linsenfläche		7,2	7,2
Berechnet:			
Vordere Brennweite der Hornhaut		23,692	23,692
Hintere - - - - -		31,692	31,692
Brennweite der Linse		43,707	33,785
Abstand des vorderen Hauptpunktes der Linse von der vorderen Fläche		2,1073	1,9743
Abstand des hintern von der hintern		1,2644	1,8100
Abstand der beiden Hauptpunkte der Linse von einander		0,2283	0,2153
Des Auges hintere Brennweite		19,873	17,756
- - vordere Brennweite		14,858	13,274
Ort des vorderen Brennpunktes		12,918	11,241
- - ersten Hauptpunktes		1,9403	2,0330
- - zweiten Hauptpunktes		2,3563	2,4919
- - ersten Knotenpunktes		6,957	6,515
- - zweiten Knotenpunktes		7,373	6,974
- - hinteren Brennpunktes		22,231	20,248

Nimmt man an, dass der Fernpunkt des schematischen Auges in unendlicher Ferne liegt, so würde die Netzhaut in der Axe des Auges 22,231 mm von der vorderen Hornhautfläche entfernt sein; bei der Accommodation für die Nähe würde ein Gegenstand deutlich gesehen werden, welcher 118,85 mm vor dem vorderen Brennpunkte, oder 130,09 mm vor der Hornhaut liegt, was der Accommodationsbreite eines normalen Auges entspricht.

Die Entdeckung BRÜCKE's hat uns in dem Musculus tensor choroideae oder ciliaris (BRÜCKE'scher Muskel) den Accommodationsmuskel kennen gelehrt, durch die Thätigkeit dieses Muskels treten die wesentlichen Accommodationsveränderungen an der Linse des Auges ein. CRAMER und DONDERS zeigten, dass man durch elektrische Reizung des Accommodationsmuskels, die man an ausge-

ittenen Augen (junger Seehunde) von beiden Seiten der Hornhaut einwir-  
lässt, die Accommodationsänderung im Auge künstlich hervorrufen kann.  
Nach dem oben Gesagten (S. 849) ist die Linse in dem Auge so befestigt,  
sie im ruhenden, fernsehenden Zustand des Auges durch das an ihrem Rand  
stigte Ligamentum suspensorium lentis, die Zonula Zinnii, gedehnt wird.  
h die Dehnung in den Aequatorialdurchmessern wird die Axe der Linse  
ürzt, ihre Flächen werden entsprechend abgeflacht. Durch Zug an der Zo-  
kann man an ausgeschnittenen Augen sich von dieser Wirkung der Zonu-  
annung leicht überzeugen, und, wie schon erwähnt, wölbt sich die aus  
Befestigung gelöste Linse unter der Wirkung ihrer eigenen Elasticität  
er. Die Wirkung der Contraction des Ciliarmuskels besteht der Hauptsache  
in einer Verminderung der Spannung der Zonula und damit  
Linse, wodurch unter der Wirkung ihrer eigenen Elasticität  
die Linse stärker krümmt (HELMHOLTZ). Die Spannungsverminderung der  
ila kommt so zu Stande, dass durch die Contraction der meridionalen Fasern  
Ciliarmuskels die Zonula nach vorne gegen den Linsenrand zu gezogen  
l, gleichzeitig wird durch die Contraction der Circularfasern die hintere  
bare Wand des SCHLEMM'schen Canals, an der der Muskel sich befestigt,  
innen gezogen, der Canal dadurch erweitert und die Zonula auch in der  
tung von aussen nach innen abgespannt.

Durch die alleinige Wirkung der eigenen Elasticität der Linse würden sich beide  
nflächen gleichmässig stärker wölben müssen. Das ist, wie wir sahen, für die hintere  
he der Linse nicht der Fall. Ihre Krümmung ist beim Nahesehen nur in geringem  
se vermehrt und ihr Mittelpunkt verändert seinen Ort gar nicht. Das kann durch die  
hme mit der gegebenen Erklärung in Einklang gebracht werden, dass durch eine  
ere Ursache die hintere Linsenfläche bei der Accommodation gleichzeitig eine Ab-  
ung erfährt. CRAMER und DONDERS hatten das ganze Phänomen der Accommodation  
ch erklären wollen, dass durch den Zug der damals allein bekannten meridionalen Fa-  
les M. Ciliaris die Aderhaut (und Iris) gegen den Glaskörper angepresst werden, wo-  
ein Druck auf die Linse ausgeübt werde, von welchem Druck nur die Mitte der vor-  
Linsenfläche hinter der Pupille befreit bleibe. Durch einen solchen Druck auf die hin-  
eite und die Ränder der Linse kann die Vorderfläche der Linse etwas nach vorn gewölbt  
n, die Hinterfläche dagegen wird dadurch abgeflacht. Diese Wirkung verbindet sich  
r oben auseinander gesetzten, so dass daraus eine etwas stärkere Wölbung der Vorder-  
und eine relative Abflachung der Hinterfläche der Linse resultirt, wodurch  
obachteten Verhältnisse vollkommen erklärt werden. HENSEN und VÖLKERS reizten an  
von Hunden, Katzen, Affen, sowie an frisch herausgeschnittenen Augen vom Menschen  
liarnerven electricisch und beobachteten dabei die für den Beweis der eben auseinander-  
ten Annahme nothwendige Verschiebung der Choroidea nach vorne. Auch ADAMCİK sah  
m Katzenauge die von den beiden Autoren angegebenen Choroidealbewegungen, wenn  
nur beschränkt, auftreten.

er Entdecker der Circularfasern des BRÜCKE'schen Muskels, H. MÜLLER, hat die nament-  
rüher vielfach von Physiologen und Ophthalmologen angenommene Meinung ausge-  
en, dass die Contraction dieser Fasern einen Druck auf die Ciliarfortsätze  
ben, und dass dieser Druck sich auf den Rand der Linse fortsetzen  
e, wodurch diese stärker gewölbt würde. HELMHOLTZ bezweifelt, dass die  
fortsätze im lebenden Auge prall genug mit Blut gefüllt sind, um einen merklichen Druck  
e Linse auszuüben.

helfältig hat man angenommen, dass bei der Accommodation auch eine Verrückung der

Netzhaut durch eine Verlängerung resp. Verkürzung des Augapfels eine Verlängerung soll z. B. durch den gleichzeitigen Druck aller vier Augenmuskeln auf den Bulbus erfolgen können. Die Untersuchungen von HELMHOLTZ, DONDKER, KRAZE scheinen Annahme wenigstens für normale Augen unnöthig und unwahrscheinlich zu machen.

Die Annahme einer wesentlichen Beihülfe der Iris zur Accommodation ist die Beobachtung an Augen mit gelähmter oder ganz entfernter Iris. A. V. GRAFE, bei der Accommodation sich ungeschwächt zeigte, widerlegt doch scheint der hier und da beobachtete geringe Grad von Accommodation bei Staaroperirten ohne Linse auf die Verengerung der Pupillenweite und der dadurch erfolgenden Verkleinerung der Zerstreuung zu beruhen. cf. S. 839.

## Verschiedenheiten in der Refraction und Accommodation der Augen.

### 1. Modification in der Refraction der Augen.

Die Accommodation für den Fernpunkt des Auges, mit anderen Worten grösste Sehweite entspricht dem Ruhezustand des Auges. rührt es, dass sich das Auge für seinen Fernpunkt bleibend bei Lähmung des Accommodationsmechanismus einstellt, mag diese Lähmung nun physisch durch die Altersveränderung des Auges oder künstlich durch Belladonna pathologisch durch Paralyse des Nervus oculomotorius erfolgen.

Als normale Lage des Fernpunktes betrachtet man die unendliche Entfernung. Augen, bei denen das der Fall ist, vereinigen also bei der Accommodation parallele Strahlen auf der Netzhaut, die Netzhaut liegt sich in der Brennebene des Auges. DONDKER bezeichnet solche Augen als emmetropische Augen von *ἐμμετρος* = modum tenens, um der Vieldeutigkeit der Bezeichnung normale oder normalsichtige Augen zu entgehen. Emmetropische Augen können an den mannigfaltigsten Fehlern leiden, sie brauchen durchaus nicht immer normal zu sein. Ausser den parallelen Strahlen vereinigen emmetropische Augen vermöge der Accommodation auch mehr oder weniger divergente Strahlen auf der Netzhaut vereinigen.

Augen, welche in der Ruhelage der Accommodation für divergente Strahlen eingestellt sind, deren Fernpunkt also zwar vor ihnen, aber nicht in unendlicher Entfernung liegt, bezeichnet man als brachymetropische oder dem alten Namen als myopische, kurzsichtige Augen, sie können mit Hilfe der Accommodation nur divergente Strahlen auf der Netzhaut vereinigen.

Augen, welche in der Ruhe für konvergente Strahlen accommodirt sind, heissen hypermetropische, überweitsichtige Augen. Sie können mit Hilfe der Accommodation ausser den konvergenten, auch parallel selbst divergirende Strahlen auf der Netzhaut vereinigen.

Die brachymetropischen Augen können ohne Accommodation und ohne Linsen nahe Gegenstände scharf sehen, die hypermetropischen Augen müssen dies vorausgesetzt dass sie sich keiner Brille bedienen, jedesmal, wenn sie ein Object betrachten wollen, eine Accommodationsanstrengung machen. Es werden meist sehr störende Ermüdungsercheinungen des Auges herbei-



die man vor der Entdeckung der relativen Häufigkeit der zu Grunde liegenden Refraktionsanomalie durch DONDERS als Asthenopie bezeichnete, ein Leiden, dem der Arzt früher hilflos gegenüber stand, und welches er jetzt so leicht wie Kurzsichtigkeit durch ein passendes (convexes) Brillenglas zu heben gelernt hat.

Man glaubte annehmen zu dürfen, dass der Grund der Accommodations-Eigenthümlichkeiten der Augen in verschiedener Krümmung der lichtbrechenden Flächen des Auges beruhe. DONDERS konstatirte (cf. oben Hornhaut), dass diesen Zuständen keine konstanten Krümmungsverhältnisse der Hornhaut oder Linse entsprechen. Der Grund der Abweichung liegt vielmehr in der verschiedenen Länge der Augenaxe, welche bei der brachymetropischen länger, bei der hypermetropischen dagegen kürzer ist, als bei den emmetropischen Augen. Bei dem letzteren beträgt die Länge der Augenaxe nach den directen Messungen von O. BECKER 23,86 mm, von HIRSCHBERG 23,75, also von der Vorderfläche der Hornhaut bis zur lichtempfindenden Schicht etwa 23 mm. HIRSCHBERG mass die Länge der Axe bei einem im Leben als hypermetropisch bestimmten Auge nach der Enucleation = 23 mm, also wesentlich kürzer als bei dem emmetropischen Auge. Die grössere Länge myopischer Augen ist mehrfach gemessen worden. Durch diese Verschiedenheit in der Länge der Augenaxe kommt bei kurzsichtigen Augen die Netzhaut bei der Ruhelage der Accommodation hinter die Brennebene der brechenden Augenmedien zu liegen, die Strahlen, welche von fernen leuchtenden Punkten ausgehen, schneiden sich also schon vor der Netzhaut, diese wird daher nur von einem Zerstreuungskreis, gebildet aus den nach der Vereinigung wieder divergirenden Strahlen, getroffen. Ein solches Auge kann nur nähere Gegenstände, deren Bild hinter der Brennebene entworfen wird, ohne Brille genau wahrnehmen. Umgekehrt ist es bei den hypermetropischen Augen, bei denen die Netzhaut bei mangelnder Accommodation vor der Brennebene des Auges zu stehen kommt. Bei einem solchen Auge schneiden sich ohne Accommodation schon die von unendlich entfernten leuchtenden Objecten ausgehenden, parallelen Strahlen hinter der Netzhaut und entwerfen auf ihr, also noch konvergierend, ein Zerstreuungsbild; noch in diesem Maasse gilt das Gesagte für divergente, von näher am Auge gelegenen Objecten ausgehende Strahlen. Ohne Accommodation können auf der Netzhaut nur konvergente Strahlen zur Vereinigung kommen, da nur von solchen Vereinigungspunkt vor der Brennebene liegt. Von keinem endlich oder unendlich weit entfernten Objecte können solche Strahlen ausgehen, die betreffenden Augen sind daher in der Ruhe, wie man sich auszudrücken pflegt, für Strahlen von jenseits unendlich eingerichtet. Durch Sammellinsen können aber bekanntlich sowohl parallele als divergente Strahlen in beliebigem Grade konvergent gemacht werden (cf. Brillen für Hypermetropie).

Bei hochgradig kurzsichtigen Augen buchtet sich in der Folge der hinterste Theil der Sclerotica nach hinten aus: Staphyloma posticum, wodurch auch die Netzhaut weiter nach hinten gerückt, die Augenaxe noch weiter verlängert wird. Es ist beachtenswerth, dass die Ausbildung dieses Zustandes durch Accommodationsanstrengungen begünstigt wird.

Nach W. STAMMESHaus sind die emmetropischen Augen nur für eine gewisse mittlere, die Makula umgebende Zone wirklich emmetropisch, unter einem Winkel von etwa 50° zur Ge-

sichtslinie werden sie ziemlich plötzlich hypermetropisch. Aehnliche Verhältnisse zeigen myopische Augen, deren Myopie im peripherischen Theil der Netzhaut zunimmt. In metropen findet sich dagegen nur eine geringfügige Steigerung der Hypermetropie.

## 2. Modificationen in der Accommodation der Augen

Auf den ersten Blick scheint ein emmetropisches Auge, dessen Fernpunkt in unendlicher Entfernung, und dessen Nahpunkt etwa in 6 Zoll Entfernung von dem Auge liegt, eine viel weitere Grenze der Accommodation zu besitzen, als ein brachymetropisches Auge, das seinen Fernpunkt etwa 6 Zoll, Nahpunkt dagegen nur 3 Zoll vom Auge besitzt. Konsequenter Weise möge man dann wohl hypermetropische Augen, deren Fernpunkt noch, wie man pflegt, jenseits, z. B. 12 Zoll jenseits unendlich liegt, d. h. ein Auge, so stark konvergirende Strahlen, dass sie sich ohne Dazwischenkunft der Medien schon 12 Zoll hinter dem Auge schneiden würden, in der Accommodationsruhe noch auf der Netzhaut vereinigt, während der Nahpunkt bis in unendliche, sondern sogar bis in endliche Entfernung etwa 6 Zoll vom Auge heranrücken kann, als die stärksten in Beziehung auf die Accommodation bezeichnen.

Gegen diesen Anschein beweist die nähere Betrachtung, dass das Accommodationsvermögen der beispielsweise gewählten drei Augen, das eine von Unendlich bis auf 6 Zoll vom Auge, das andere von 12 Zoll auf 3 Zoll, das dritte von 12 Zoll jenseits unendlich bis auf 12 Zoll dieselbe ist, d. h. gleich viel vom Auge zu accommodiren vermag, gleich ist.

Wenn wir vor das beispielsweise gewählte myopische Auge eine Linse (Brille) von 6 Zoll Brennweite setzen, welche ihm unendlich entfernte Gegenstände deutlich zu sehen erlaubt, da sie die parallelen Strahlen als kämen sie von 6" Entfernung, so zeigt es sich, dass dasselbe Auge mit der Brille nun auch, wie das emmetropische Auge von unendlich entfernt accommodiren kann. Die genannte Linse von 6" negativer Brennweite nämlich von Objecten, die 6" hinter ihr liegen, ein virtuelles Bild in 6" Entfernung, für welche sich also das supponirte myopische Auge accommodiren kann.

Wir dürfen also die Accommodationsbreite zweier verschiedener Augen unmittelbar nach dem Abstand ihres Fernpunkts vom Nahpunkt miteinander vergleichen, die Vergleichung ist nur möglich, wenn die Augen durch geeignete Linsengläser (Brillen) erst auf gleichen Refraktionszustand gebracht sind.

Bezeichnen wir die Entfernung des Fernpunktes eines gegebenen Auges vom ersten Knotenpunkt mit  $F$ , die des Nahpunktes mit  $N$  und mit  $A$  die Entfernung des nächsten Punktes, für den das mit einer Linse von der Brennweite  $F$  versehene Auge sich noch accommodiren kann, so ist

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{N} - \frac{1}{F}$$

Die Grösse  $\frac{1}{A}$  wird nach Donders als das Maass der Accommodationsbreite benutzt.

Die Einheit dieses Accommodationsmaasses ist also Eins dividirt durch ein Längenmaass, wozu man bisher, den Brillennummern entsprechend Pariser oder Preussische Zoll wählte.

So haben also gleiche Accommodationsbreite von ein Sechstel ( $\frac{1}{6}$ ) 1) ein emmetropisches Auge, dessen Sehweite von 6 Zoll bis Unendlich geht  $\frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$ ; 2) ein myopisches, dessen Sehweite von 3—6 Zoll geht  $\frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}$ ; 3) ein hypermetropisches, dessen Sehweite von + 12 bis — 12 geht  $\frac{1}{12} - (-\frac{1}{12}) = \frac{1}{6}$ . Die Brennweite der Convexgläser wird negativ genommen.

**Presbyopie.** Die Grösse der Accommodation ( $\frac{1}{A}$ ) nimmt mit zunehmendem Alter kontinuierlich ab. Bei ganz oder nahezu emmetropischen Augen erfolgt dies annähernd proportional den Jahren. Im 10. Lebensjahre liegt der Nahepunkt nach DONDERS normal in  $2\frac{2}{3}$  Zoll, im 23. in 4, im 40. in 8 und von Anfang der Fünfziger in 12 Zoll, d. h. in einer Entfernung, in welcher die Netzhautbilder sehr kleiner Objecte schon so klein werden, dass sie nur schwer erkennbar sind. Im 60. Jahr ist der Nahepunkt auf 24 Zoll hinausgerückt, im 70. hat er die unendliche Entfernung erreicht, und kann noch über dieselbe hinausgehen. Die Accommodation ist dann meist gleich Null. Vollkommener oder wenigstens fast vollkommener Verlust der Accommodationsfähigkeit tritt im höheren Lebensalter regelmässig ein, für diesen Zustand reservirt DONDERS die Bezeichnung Presbyopie. Im höheren Alter, etwa vom 50. Jahre an, rückt auch der Fernpunkt des Auges etwas hinaus; so kommt es, dass im Alter früher emmetropische Augen zu hypermetropischen, schwach myopische dagegen emmetropischen werden können.

Es scheint, dass diese allmälige Verminderung der Accommodationsbreite mit zunehmendem Alter davon abhängt, dass im Alter die Festigkeit der äusseren Schichten der Krystalllinse zunimmt, wodurch die Linse weniger nachgiebig wird, während gleichzeitig die Contractilität des Accommodationsmuskels, wie die aller Muskeln, abnimmt.

Bei dem Sehen in die Nähe tritt gleichzeitig Konvergenz der Augenachsen ein. Es hält unwillkürlich eine bestimmte Verbindung zwischen Konvergenz- und Accommodationsanstrengung ein und accomodirt daher für die Ferne leichter bei parallelen, für die Nähe besser bei stark konvergenten Augenachsen.

DONDERS bezeichnet als: 1) absolute Accommodationsbreite die, welche für die Ferne bei parallelen, für die Nähe bei konvergenten Gesichtslinien gemessen wurde. Zu bemerken ist dabei, dass dann der Nahpunkt der Accommodation ferner liegt als der Konvergenzpunkt der Gesichtslinien. Diese absolute Accommodationsbreite bestimmte DONDERs an einem 15 jährigen emmetropischen Auge nach der obigen Berechnungsweise zu  $\frac{1}{3,69}$ .

Steigert man die Konvergenz beider Augen nicht weiter als zur Fixirung des Punktes, für den man accomodirt, nöthig ist, so erscheint die Accommodationsbreite etwas geringer: die binokulare Accommodationsbreite. Für das obige Auge betrug sie  $\frac{1}{3,9}$ . 3) Die relative Accommodationsbreite für einen gegebenen Grad der Konvergenz war bei demselben Auge bei parallelen Gesichtslinien nur gleich  $\frac{1}{11}$ , sie erreichte bei einer Konvergenz von  $44^\circ$  ihr Maximum von  $\frac{1}{5,76}$ , hielt sich dann bei steigender Konvergenz ziemlich unverändert, so dass sie bei  $23^\circ$  noch  $\frac{1}{6,4}$  betrug, bei der Stellung des binokularen Nahpunkts, bei  $38^\circ$  Konvergenz, war sie  $\frac{1}{9}$ , in der Stellung des absoluten Nahpunkts, bei  $78^\circ$  Konvergenz wurde sie zu 0. Für feinere ärztliche Bestimmungen sind also bestimmte

Grade der Konvergenz für die Vergleichung der Accommodation zu wählen. Für die Bestimmung des Fernpunktes wählt man am besten die parallele Richtung der Gesichtslinien auf ein entferntes Object.

### Ansahl der Brillen, Bezeichnung der Myopie und Hypermetropie.

Die Brennweite der schwächsten concaven Linse, welche einem myopischen noch vollkommen genaues Sehen sehr entfernter Objecte gestattet, unmittelbar = der Entfernung des Fernpunktes vom Auge = der Nummer der zu wählenden Brille = der Nummer der Myopie. Myopie = 6, wenn der Fernpunkt des Auges steht 6 Zoll vom Auge ab, und eine Concavlinse von 6 Zoll weite corrigirt die Myopie, so dass dann der Fernpunkt in unendlicher Entfernung liegt.

Die Brennweite der stärksten Convexlinse, welche einem hypermetropischen Auge vollkommen deutliches Sehen sehr entfernter Gegenstände erlaubt, unmittelbar = der Entfernung des Fernpunktes vom Auge = der Nummer der Hypermetropie. Die Bezeichnung der Hypermetropie ist der Myopie jedoch negativ. Hypermetropie =  $-\frac{1}{12}$  heisst, eine Convexbrille von 12 Zoll weite corrigirt die Hypermetropie vollkommen.

**Arztliche Bemerkungen.** HELMHOLTZ. — Im Allgemeinen sollten Augen, die die weite der gewählten Beschäftigung nicht genügt, rechtzeitig Brillen anwenden. Fernsichtige Augen bedürfen einer Convexlinse beim Lesen und Schreiben überhaupt bei der Beschäftigung mit nahen Objecten, zur möglichsten Beseitigung der Zerstreuungskreise. Das Kind bei schwächerer Beleuchtung ist die Pupille weit, die Zerstreuungskreise sind daher grösser, es ist dann eine stärkere Brille nöthig als am Tage bei hellerer Beleuchtung. In den meisten Fällen, bei jüngeren Individuen, genügt eine Brille, welche den Nahepunkt bis auf 12 Zoll heranbringt. Bei sehr alten Leuten, zwischen 70—80 Jahren, vermindert sich die Sehschärfe so bedeutend, dass für ein deutliches Sehen die Objecte näher an das Auge gebracht werden müssen, etwa bis auf 8 oder 7 Zoll, damit sie unter einem grossen Gesichtswinkel, also grösser gesehen werden.

Bei Myopie ist bei der Beschäftigung mit nahen Gegenständen gebuckte Haltung und starke Konvergenz der Augen möglichst zu vermeiden, um einer fortschreitenden Verdünnung, Ausbauchung und Zerrung der Membranen im hinteren Theil des Auges, vermehrtem Blut- und Muskeldruck, Staphyloma posticum vorzubeugen, wodurch das Auge möglicherweise in hohem Grade beeinträchtigt und gefährdet wird. Liegt der Fernpunkt 5 Zoll vom Auge, so dürfen HELMHOLTZ im allgemeinen Concavgläser fortgesetzt werden, welche den Fernpunkt, wie bei dem emmetropischen Auge, in unendlicher Entfernung rücken. Dann dürfen aber für eine dauernde Beschäftigung und normale Seharbeit Bücher, Schreibereien, Handarbeiten nicht näher als 12 Zoll an die Augen gebracht werden. Verlangen die Berufsgeschäfte unerlässlich feine Arbeiten, wobei die Objecte dem Auge gebracht werden müssen, so sollten während solcher Beschäftigungen schwächere Concavgläser getragen werden. HELMHOLTZ rath auch achromatische, prismatische Brillen an, die auf der Nasenseite dicker als auf der Schläfenseite sind, weil mit solchen die nahen Objecte mit geringerer Konvergenz und geringerer Accommodationsanstrengung gesehen werden können. Es kommt bei Kurzsichtigen, die zum ersten Male Brillen tragen, selten vor, dass Gläser, welche ihre Brachymetropie Myopie vollkommen corrigiren, nach einiger Gewöhnung an schwächere Gläser, an deren Stelle man noch und noch verwendet, getragen werden. Es rührt das daher, dass sich die Verbindung zwischen Accommodation und Konvergenz den veränderten Umständen erst allmählig anpasst. Wird das Accommodationsvermögen oder Gesichtsschärfe merklich geschwächt, so sind für die Betrachtung naher Objecte schwächere Gläser zu verwenden, welche für die gewöhnlichen Geschäfte ausreichen. Für fernere Objecte kommt dann passend eine Lorgnette zu Hilfe.



Bei hypermetropischen Augen wähle man Anfangs, ehe sie ihre fortdauernde Accommodationsleistung vollkommen zu beseitigen verstehen, etwas zu starke Convexgläser, welche sie schon ferne Objecte nicht mehr ganz deutlich wahrnehmen können. Mit fortschreitender Entwöhnung von den Accommodationsanstrengungen werden schwächere nöthig.

Bei verminderter Accommodationsbreite (Presbyopie) bedarf man unter allen Umständen der Gläser für die Nähe, schwächerer für die Ferne.

**Optometer.** — Die Accommodationsbreite wird mit Hülfe von Optometern bestimmt:

**Die Leseproben.** Am einfachsten erscheint es, zu beobachten, in welchen Entfernungen kleine Gegenstände, z. B. Buchstaben, noch deutlich gesehen werden können. Die Genauigkeit der Angaben nach dieser Methode wird dadurch gestört, dass auch sehr kleine Gegenstände immer noch bei schon ziemlich bedeutenden Zerstreuungskreisen erkannt werden können. Aus Letzterem erklärt es sich, dass Kurzsichtige sehr kleine Gegenstände noch näher als den Nahepunkt an das Auge heranbringen, da trotz der Zerstreuungskreise Objecte, welche ihrer Kleinheit schwer erkennbar sind, bei grösserer Annäherung an das Auge, unter grösserem Sehwinkel, grösser und sonach erkennbarer erscheinen. Soll also die Accommodationsbreite auf diesem Wege ermittelt werden, so muss man für verschiedene Abstände verschiedene Objecte wählen, und zwar alle so fein, dass sie von einem gut accommodirten Auge erkannt werden. 2) PORTERFIELD hat auf den SCHEINER'schen Versuch ein Optometer construirt; TH. YOUNG (1804) empfiehlt einen feinen weissen Faden auf schwarzem Grunde zu spannen, so dass sein eines Ende nahe unter dem Auge sich befindet, und dann durch einen passenden Schirm mit zwei Löchern nach dem Faden zu blicken. Dieser erscheint dann in der Strecke, für die das Auge accommodirt ist (Accommodationslinie), einfach, in den übrigen Stellen doppelt. Die einfach erscheinende Strecke kann leicht bezeichnet werden. 1. Ihre Entfernung vom Auge, wenn dasselbe für die Ferne accommodirt ist, entspricht der Accommodationsbreite des Auges. Man verwendet jetzt meist andere feine, durch die Löcher des Schirms eben noch deutlich erscheinende Gegenstände, welche man in verschiedene Abstände vom Auge bringt, z. B. feine Nadeln auf dem hellen Grund des Himmels. HELMHOLTZ' Optometer bei Besprechung der chromatischen Abweichung des Auges seine Darstellung finden.

## Monochromatische und chromatische Abweichung des Auges.

### 1. Monochromatische Abweichung, Astigmatismus.

Die gewöhnliche monochromatische Abweichung der optischen Instrumente, die sphärische Aberration, ist im Auge auf ein sehr geringes Maass reducirt. Die Ursachen dafür liegen darin, dass die Abblendung der Randstrahlen für Hornhaut und Linse in bedeutendem, mit der Lichtintensität wechselndem Umfang durch Reflexion stattfindet, dass die brechenden Flächen am Auge nicht kugelig, sondern wie es die Theorie aplanatischer brechender Flächen erfordert, ellipsoide resp. paraboloidisch gekrümmt sind, wobei die Krümmung gegen die Peripherie zu bedeutend abnimmt; in demselben Sinne wirkt es, dass die Randstrahlen der Linse die äusseren, weniger stark brechenden Linsenschichten durchdringen. Daher kommt es, dass die im Auge immer nur sehr geringe eigentliche sphärische Aberration sich hier hinter anderen monochromatischen Abweichungen verbirgt, welche man im Allgemeinen als Astigmatismus zusammenfasst, ein Name, der den Mangel eines genauen Brennpunktes (Stigma) bezeichnen soll. Die Benennung Astigmatismus ist von WHEWELL eingeführt worden und seitdem allgemein angenommen. DONDERS und KNAPP haben



den Zustand ausführlicher studirt. WHEWELL unterscheidet regulären und irregulären Astigmatismus.

Der reguläre Astigmatismus rührt davon her, dass die Krümmungen der brechenden Flächen des Auges, namentlich der Linse, in **verschiedenen Meridianen verschieden** ist.

Der irreguläre Astigmatismus aussert sich in der Erscheinung der *Polyopia monophthalmica*. Er beruht darauf, dass durch die Unregelmässigkeiten der brechenden Flächen und zwar besonders der Linse, die in jeder einzelnen Meridianebene des Auges einfallenden Strahlen nicht genau in einen Brennpunkt vereinigt werden. Augen ohne Linse zeigen einen irregulären Astigmatismus meist nicht oder nur in geringem Grade. Die Linse des normalen Auges beseitigt den regulären Astigmatismus aus Krümmungsverschiedenheiten der verschiedenen Meridiane, die viel regelmässiger und deutlicher als normale Augen. Die einzelnen Strahlen der Linse vereinigen zwar die auffallenden Strahlen abgesehen von geringen Abweichungen einer wahren sphärischen Aberration nahezu in einen Brennpunkt, die Brennpunkte der verschiedenen Sektoren fallen aber nicht zusammen. Am irregulären Astigmatismus kann sich auch die Hornhaut betheiligen, wenn kegelförmige Erhebungen, Geschwüre etc. oder zufällige Unregelmässigkeiten, Thränenflüssigkeit, Fetttropfen aus den Meibom'schen Drüsen, die eine unregelmässige Brechung an ihr veranlassen. Es gibt also eine physiologische und eine pathologische *Polyopia monophthalmica*.

Folgende Erscheinungen des unregelmässigen Astigmatismus oder der pathologischen *Polyopia monophthalmica* gehen nach HELMHOLTZ von der Erscheinung aus:

1 Die kleinen Zerstreuungskreise heller, kleiner leuchtender Punkte, z. B. Sterne oder ferner Laternen erscheinen auf der Netzhaut nicht als helle Flächen, sondern als Sternfiguren mit 4–8 unregelmässigen Strahlen, welche in der Richtung der Krümmungsverschiedenheiten verschieden zu sein pflegen und bei verschiedenen Individuen verschieden zu sein pflegen.

Die Zerstreuungsfigur eines leuchtenden Punktes, z. B. einer punktförmigen Oeffnung in einem dunklen Schirme, scheint jenseits des Fernpunktes des Auges den meisten in der Richtung von oben nach unten länger als in der von rechts nach links. Bei schwacher Beleuchtung kommen nur die hellsten Stellen der Strahlenfigur zum Vorschein und man sieht daher mehrere Bilder des hellen Punktes, von denen eines heller ist als die anderen. Bei sehr starker Beleuchtung z. B. durch das Tageslicht fließen die Strahlen des Sternes in einander und rings umher entsteht ein äusserst feiner buntgefärbter Kranz bestehender Strahlenkranz von geringer Ausdehnung Haarstrahlenkranz. Ist das Auge für grössere Entfernungen accommodirt, so liegt die grösste Ausdehnung der Strahlenfigur horizontal. Kann man für die punktförmige Oeffnung des Schirmes genau accommodirt sein, erscheint sie bei mässigem Lichte rundlich und hell, bei stärkerem Licht wird sie strahlig.

2 Bei ungenügender Accommodation erscheinen feine Lichtlinien, z. B. des Neumondes, mehrfach. Es fließen die helleren Stellen der Zerstreuungsfigur zusammen, die Lichtlinie zusammensetzenden Lichtpunkte zu einzelnen Lichtpunkten, welche als mehrfache leichtschwächere Bilder der hellen Linie erscheinen. Diese Doppelbilder zeigen sich zwei, manchen in gewissen Fällen 3, 4 und mehr solcher Doppelbilder.

3 An den Grenzen heller Flächen, für welche das Auge nicht accommodirt ist, erscheinen die Doppelbilder in der Weise, dass am Rande der hellen Fläche der Lebergang von Hell ins Dunkel in zwei oder drei Absätzen geschieht. Eine Fläche auf hellem Grund scheint jenseits des Fernpunktes mit einem Rande umrandet zu sein.

in einem hellen, dann aus einem schwarzen Streifen besteht, der nach den Rändern zu verschmälert ist.

Hierher gehören auch die Versuche, welche ergeben, dass die brechenden Flächen des Auges nur mangelhaft oder wenigstens nicht um die Gesichtslinie centriert sind (s. oben).

Der reguläre Astigmatismus zeigt sich bei fast allen menschlichen Augen in geringerem oder stärkerem Grade. Er war schon THOMAS YOUNG bekannt, und der Astronom AIRY corrigierte seinen Astigmatismus mit einer Cylindrinse (cf. unten). Man kann die Grösse des Astigmatismus nach analogem Principe, wie die Sehweite durch passende Optometer (mit feinen abwechselnd senkrecht und horizontal zu stellenden Fäden) bestimmen. Augen mit regulärem Astigmatismus haben entsprechend der verschiedenen Krümmung der Hornhautsektoren in verschiedenen Meridianen verschiedene Sehweiten für Linien von verschiedener Richtung im Gesichtsfelde. Ein Auge mit regulärem Astigmatismus kann im Allgemeinen nicht gleichzeitig für horizontale und vertikale Linien, welche sich in gleicher Entfernung von ihm befinden, accommodirt sein. In der Mehrzahl der Fälle muss das Auge eine grössere Sehweite annehmen, um die seinem horizontalen Durchmesser parallelen Linien deutlich zu sehen, für die senkrechten dagegen mehr für die Nähe accommodiren. Eine vertikale Linie muss man meist weiter vom Auge entfernen, als eine horizontale, um sie beide zu gleicher Zeit deutlich zu sehen. A. FICK sah vertikale Linien in 5 Meter Entfernung deutlich und zugleich horizontale in 3 Meter, HELMHOLTZ vertikale in 0,65 Meter, horizontale in 0,54 Meter Entfernung. Wenn die Sehweite dieser Sehweiten  $P$  ist und bei demselben unveränderten Accommodationszustande die kleinste für eine andere Linienrichtung  $= p$ , so brauchen wir als Maass des Astigmatismus

$$As = \frac{1}{p} - \frac{1}{P}.$$

Je länger  $As$  kleiner als  $\frac{1}{40}$ , bringt es noch keine erheblichen Störungen des Sehens hervor, wenn es aber grösser wird, so wird die Gesichtsschärfe endlich merklich beeinträchtigt.

Astigmatische Augen bedürfen zur Correction Gläser mit cylindrischen Flächen: Cylinderrillen, die nur nach einem Meridian gekrümmt sind und deren Brennweite man der Länge  $As$  gleich gross wählt. Man stellt die geradlinigen Cylinderkanten, wenn die cylindrische Krümmung convex ist, der Richtung der entferntesten deutlich gesehenen Linien parallel oder senkrecht darauf, wenn die cylindrische Krümmung concav ist. Die zweite Fläche der Cylinderlinsen kann man sphärisch, concav oder convex schleifen, so dass durch dasselbe Glas die gleichzeitig etwa vorhandene Myopie oder Hypermetropie corrigirt wird. Untersuchung des Astigmatismus hat O. BECKER werthvolle Wandtafeln angegeben.

## 2. Chromatische Abweichung, Farbenzerstreuung.

Die Farbenzerstreuung des Auges wird gewöhnlich fast gar nicht bemerklich, trotzdem die Farbenzerstreuung der Augenmedien wohl sogar etwas grösser als die des destillirten Wassers ist. FRAUNHOFER entdeckte, dass das Auge verschiedene Brennpunkte für verschiedenfarbige einfache Strahlen besitzt. Er bemerkte bei Betrachtung eines prismatischen Spectrums durch ein achromatisches Fernrohr, in dessen

Ocular ein sehr feines Fadenkreuz angebracht war, dass er die Ocularlinse dem Fadenkreuz näher schieben musste, um dies deutlich sehen zu können, wenn er den violetten Theil des Spectrums im Gesichtsfeld hatte, als wenn er den rothen betrachtete. HELMHOLTZ liess einfarbiges Licht eines Spectrums durch eine punktförmige Oeffnung in einen dunklen Schirm fallen, und bestimmte die Entfernung, in welcher die kleine Oeffnung noch punktförmig gesehen werden konnte; die grösste Sehweite seines Auges für rothes Licht betrug 8 Fuss, für violettes  $4\frac{1}{2}$  Fuss, und für das brechbarste Ueberviolett der Sonne, welches durch Abblendung des helleren Lichtes des Spectrums sichtbar gemacht wurde, nur einige Zoll.

MATTHIESSEN berechnet den Abstand des rothen und violetten Brennpunkts im menschlichen Auge auf 2,58 bis 0,62 mm, während er in einem Auge von destillirtem Wasser 0,434 mm sein würde.

**Benutzung der chromatischen Aberration des Auges zur Bestimmung der Accommodationsbreiten.** — Violette Gläser absorbiren die mittleren Strahlen des Spectrums ziemlich vollständig und lassen nur die äussersten Farben roth und violett hindurch. Befestigt man ein solches Glas hinter eine enge Oeffnung, in einem dunklen Schirm, so scheint die vom Tageslicht beleuchtete Oeffnung des Schirmes dem Auge als ein leuchtender Punkt, der nur rothe und violette Strahlen aussendet\*). Je nach der Entfernung, für die ein Auge accommodirt ist, erscheint der Punkt verschieden. Ist das Auge für die rothen Strahlen accommodirt, so geben die violetten einen Zerstreuungskreis, und es erscheint ein rother Punkt mit violettem Lichthof. Ist umgekehrt das Auge für die violetten Strahlen accommodirt, so geben die rothen einen Zerstreuungskreis, und es erscheint ein violetter Punkt mit rothem Hofe. Nur dann, wenn das Auge für keine der beiden Farben accommodirt ist, und zwar so, dass der Vereinigungspunkt der violetten Strahlen vor, der rothen hinter der Netzhaut liegt, kann, wenn die beiden Zerstreuungskreise sich decken, der Lichtpunkt einfarbig violett erscheinen. Bei diesem Brechungszustand würden die violetten Strahlen auf der Netzhaut vereinigt werden, deren Brechbarkeit die Mitte zwischen der rothen und der violetten hält, also die grünen.

Man hat darin (HELMHOLTZ, CZERMAK) ein Mittel von ziemlich grosser Empfindlichkeit, die Entfernungen zu bestimmen, innerhalb welcher das Auge das gemischte roth-violette Licht einfach sehen kann. Die Farbendifferenz wird auch von Ungeübten ziemlich leicht bemerkt. Ist das Auge für Licht jeder Brechbarkeit auf grössere Entfernung als die des leuchtenden Punktes accommodirt, so ist der Zerstreuungskreis der rothen Strahlen grösser als der der violetten. Man erblickt dann eine violette Scheibe mit rothem Saum. Ist das Auge umgekehrt für kleinere Entfernungen eingestellt, so erscheint ein rother Zerstreuungskreis mit blauem Saume.

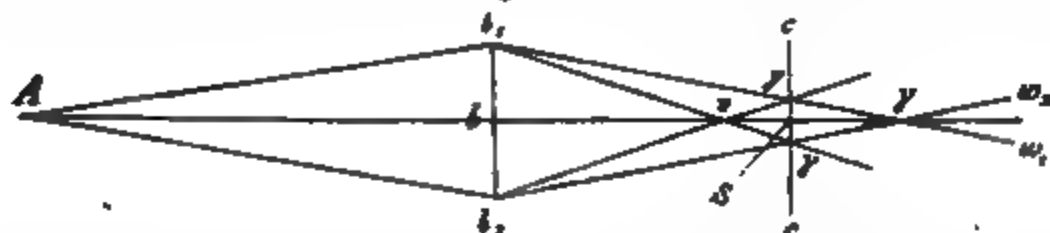
Bei weisser Beleuchtung macht sich die Farbenzerstreuung, wie gesagt, wenig bemerklich. Jenseits des Fernpunktes erscheinen, analog den Beobachtungen nur mit violettem und rothem Lichte, weisse Flächen mit einem schwachblauen Rande umgeben; liegt sie näher als der Accommodationspunkt, so zeigen sie einen schwachen rothgelben Rand. Gegenstände, für die man genau accommodirt ist, zeigen bei freier Pupille keine farbigen Ränder. Schiebt man aber dicht vor das Auge den Rand eines undurchsichtigen Blattes, und verdeckt dadurch der einen Hälfte der Pupille das Licht, so erscheint nun die Grenze zwischen einem weissen und schwarzen Bilde gelb gefärbt, wenn man das Blatt von der Seite vor der Pupille schiebt, wo das schwarze Feld liegt; blau gesäumt dagegen, wenn man es von der Seite des weissen Feldes her vorschiebt.

Alle Farbenzerstreuungsphänomene erklären sich dadurch, dass in Folge der chromatischen Aberration (S. 828) der hintere Brennpunkt der violetten Strahlen vor dem der rothen liegt (Fig. 244).

\*) Will man mit Lampenlicht experimentiren, so hat man an Stelle des violetten Glases ein blaues, mit Kobalt gefärbtes zu verwenden.

der Abbildung Fig. 214 ist  $A$  der leuchtende Punkt,  $b_1 b_2$  der Durchschnitt der vorderen brennenden Ebene des Auges, in  $v$  schneiden sich die violetten, in  $\gamma$  die rothen Strahlen,  $cc$  ist der Durch-

Fig. 214.



der Ebene, in welcher sich die äussersten rothen Strahlen des gebrochenen Strahlenbündels  $b_1 b_2 \gamma$  und die äussersten violetten  $b_1 b_2 v$  schneiden. Die Figur zeigt, dass, wenn die Netzhaut vor der Ebene  $cc$  sich in  $v$  befindet, d. h. wenn das Auge für fernere Gegenstände accommodirt ist, die Netzhaut am Rande des Strahlenkegels nur von rothem Lichte, in der Mitte aber von gemischtem getroffen werde. Steht sie in der Ebene  $cc$ , d. h. ist das Auge für mittlere Brechbarkeit von  $A$  accommodirt, so wird sie überall von gleichmässigem Lichte getroffen. Endlich, wenn die Netzhaut sich hinter der Ebene  $cc$  in  $\gamma$  befindet, so trifft sie am Rande des Strahlenbündels nur violettes, in der Mitte gemischtes Licht. Geht vom leuchtenden Punkt  $A$  weisses Licht aus, so schalten sich die übrigen Farben zwischen roth und violett ein, d. h. die Wirkungen der Farberstreuung die gleichen bleiben, aber weniger auffallend (HELMHOLTZ).

### Entoptische Wahrnehmungen.

Unter gewissen Bedingungen macht (HELMHOLTZ) das in das Auge einfallende Licht eine entoptische, im eigenen Auge selbst befindlichen Gegenständen sichtbar. Für die Entdeckung des hinter der Pupille gelegenen Augentheiles bildet die Pupille eine leuchtende Fläche von relativ grosser Ausdehnung. Bekanntlich werfen, wenn Licht von einer sehr hellen Fläche ausgeht, nur breite Gegenstände, oder solche, welche der den Schatten werfenden Fläche sehr nahe sind, einen sichtbaren Schatten. Die Gefässe der Netzhaut befinden sich so nahe an der lichtempfindenden Fläche des Auges, dass sie immer Schatten auf die hinter ihnen liegenden Theile derselben werfen müssen. Aber ebenso hinter den Gefässen liegenden Theile der Netzhaut immer beschattet sind, weil der normale Zustand für sie der normale, gewöhnliche ist, kann der Gefässschatten nur unter bestimmten Umständen wahrgenommen werden.

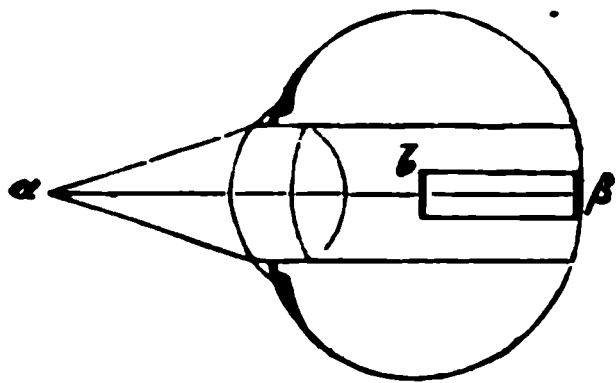
Man muss, um die kleinen, schattengebenden Körperchen in den durchsichtigen Theilen des Auges wahrzunehmen, Licht von einer sehr kleinen, leuchtenden Stelle, welche sehr nahe dem Auge sich befindet, in das Auge fallen lassen. Zu dem Zwecke genügt es, das im Auge einer kleinen Sammellinse entworfenen Bild einer fernen Lichtflamme nahe vor das Auge zu bringen, oder ein kleines gut polirtes metallenes Knöpfchen, welches von der Sonne oder einer Lampe beschienen wird, oder nur einen Schirm von dunklem Papier, welcher Licht durch eine kleine Oeffnung fallen lässt (HELMHOLTZ).

Setzt man den leuchtenden Punkt  $a$  zwischen dem Auge und seinem vorderen Brennpunkt  $f$ , so werfen die Augenmedien ein entfernteres, vor dem Auge liegendes Bild  $\alpha$  von  $a$ , und die Strahlen durchdringen den Glaskörper in Richtungen, welche von  $a$  aus divergiren. Unter diesen Umständen wird von einem im Glaskörper befindlichen dunklen Körper  $b$  ein vergrössertes Schattenbild  $\beta$  auf der Netzhaut entworfen.

Setzt man dagegen den leuchtenden Punkt wie in Fig. 215 im vorderen Brennpunkt des Auges, so werden die von ihm ausgehenden Strahlen im Glaskörper parallel, das Schattenbild ist dann so gross wie der schattenwerfende Körper. Ist schliesslich der leuchtende Punkt vom Auge

weiter entfernt als der vordere Brennpunkt des Auges  $f$ , so fällt das Bild von  $a$  hinter das Auge nach  $\alpha$  und die Strahlen konvergiren im Glaskörper nach  $\alpha$  hin. Das Schattenbild ist

Fig. 213.



dann kleiner als sein Object  $b$ . Dem entsprechend vergrössern sich die entoptisch sichtbar gewordenen Gegenstände scheinbar bei der Annäherung des Auges an den leuchtenden Punkt, im umgekehrten Falle werden sie kleiner.

Bei jeder Stellungsveränderung des Auges oder des leuchtenden Punktes verschieben sich die Schatten der Körper, welche verschieden weit von der Netzhaut stehen, in verschiedener Weise. Daraus lehrte LUTHE seinen Ort im Auge bestimmen. Der kreisförmige Schatten

der Iris bildet die Grenze des entoptischen Gesichtsfeldes. Fixirt man nach einander verschiedene Punkte des kreisförmigen Feldes, so verschieben sich die Schatten aller Körper, welche nicht in der Ebene der Pupille liegen, gegen die kreisförmige Begrenzung des Gesichtsfeldes. Es ist das LISTING's relative entoptische Parallaxe; sie wird positiv genannt, wenn die Bewegung des Schattens die gleiche Richtung hat mit der Richtung des Visirpunktes, negativ, wenn sie entgegengesetzte Richtung hat. Die relative entoptische Parallaxe wird zu 0 für Objecte, welche in der Ebene der Pupille liegen, positiv für Objecte hinter der Pupille, negativ für Objecte vor der Pupille. Für Objecte, welche der Netzhaut sehr nahe liegen, ist die Verschiebung der Schatten fast ebenso gross wie die des Visirpunktes, so dass diese den Visirpunkt bei seinen Bewegungen überallhin begleiten, wenn nicht durch wirkliche Bewegungen (im Glaskörper; aus der Gesichtslinie entfernt wird) (HELMHOLTZ).

Die entoptisch gesehenen Gegenstände erscheinen im Gesichtsfelde verkehrt, weil das, was auf der Netzhaut oben ist, im Gesichtsfelde unten erscheint und umgekehrt (cf. SCHUMMER'scher Versuch).

Namentlich kurzsichtige Augen nehmen die normal in den brechenden Medien des Auges befindlichen geringfügigen Trübungen und Verdunkelungen bei stärkerer Beleuchtung eine weitere Beihülfe wahr.

Folgendes kann entoptisch wahrgenommen werden (HELMHOLTZ): 1) Das helle entoptische Gesichtsfeld, es ist nahezu kreisrund, seine Ausdehnung entspricht der Oeffnung der Pupille, mit deren Weite sie wechselt; umgrenzt wird es von dem Schatten der Iris. 2) Von den Flüssigkeiten, welche die Hornhaut benetzen, von der Thränenfeuchtigkeit, Sekret der Augenliderdrüsen rühren im entoptischen Gesichtsfelde Streifen her, oder wolkige helle oder lichtere Stellen, tropfenähnliche Kreise mit hellerer Mitte, welche durch den Schlag der Augenlider schnell verwischt und verändert werden können. Sie zeigen eine selbständige Bewegung von oben nach unten, also eine wirkliche Bewegung nach oben. 3) Nach Reiben der geschlossenen Augen mit den Fingern erscheint für einige Zeit die etw. gekraus gewordene Oberfläche der Hornhaut als wellige oder netzartige Streifen und Flecken. Als Reste von Entzündungen oder Verletzungen finden sich von der Hornhaut her rührend in manchen Augen konstante dunkle Flecken und Linien. 4) Von der Linse, von der vorderen Kapselwand und dem vorderen Theil des Krystallkörpers rühren helle Perlflecken, oder dunkle, mannigfach gestaltete Flecken her, wohl durch partielle Verdunkelungen der Linse oder ihrer Kapsel bedingt. Dunkle, radial gegen die Mitte des entoptischen Gesichtsfeldes zu laufende Linien scheinen Andeutungen des Linsensterns, dahin gehören wohl auch helle, meist zu einem unregelmässigen Stern geordnete Streifen. 5) Im Glaskörper erscheinen bewegliche Gebilde, die fliegenden Mücken (Mouches volantes), als Perlschnüre, als vereinzelte oder zusammengesetzte Kreise mit hellem Centrum, als unregelmässige Gruppen sehr blasser Kügelchen, oder als blasse Streifen, wie die Falten einer durchsichtigen Membran. Viele von ihnen befinden sich so nahe an der Netzhaut, dass besonders Kurzsichtige sie ohne weiteres sehen, wenn sie nach einer breiten, gleichmässig



suchteten Fläche, z. B. nach dem hellen Himmel blicken. Sie bewegen sich nicht nur schein-, sondern wirklich. Verändert man die Augenstellung rasch, hebt man z. B. den Blick, so sehen die Mücken der Bewegung des Visirpunktes, schiessen aber gewöhnlich etwas über das hinaus und sinken dann wieder. Selbstverständlich kann man sie durch den Versuch, sie fixiren, nicht deutlicher sehen. DONDEAS und DUNCAN fanden als Ursachen dieser fliegenden Mücken im Glaskörper mikroskopische Gebilde, blasse, in schleimigem Zerfall begriffene Fasern, mit Körnern besetzte Fasern, Haufen von Körnern und Körnchen etc. Die betreffenden Mücken Körperchen schwimmen, da sie specifisch leichter sind, in der Flüssigkeit des Glaskörpers, der hinteren Glaskörperhöhle (L. LÖWE, S. 849). 6) Den Schatten der Netzhautgefäße (HELMHOLTZ) (Fig. 246) kann man am leichtesten dadurch wahrnehmen,

man starkes Licht, Sonnenlicht oder Lampenlicht, durch eine Convexlinse von kurzer Brennweite auf einen Punkt der inneren Fläche der Sclerotica möglichst nahe von der Hornhaut entfernt concentrirt. Blickt das Auge gleichzeitig gegen den dunklen Hintergrund, so wird durch das von der Sclerotica aus in das Auge gehende Licht der Schatten der Gefäße der Netzhautpartien geworfen, die nicht unmittelbar von dem Gefässschatten getroffen werden, die Beschattung also als ein veränderter Zustand zur Empfindung gelangen können. Das Gesichtsfeld erscheint gelb erleuchtet, und es erscheint darin ein zartes dunkles Netz baumförmig verzweigter Gefäße: PURKINJE'sche Aderfigur. Bewegt man den Brennpunkt auf der Sclerotica hin und her, so bewegt sich im gleichen Sinne auch die Aderfigur. In der Mitte des Gesichtsfeldes, dem Fixationspunkt entsprechend, zeigt sich eine gefässlose Stelle der Netzhaut, es ist dies die Stelle des directen Sehens, die Macula lutea, die im weiten Bogen von einem Gefässkranz umkreist wird; sie zeichnet sich durch besonderen Glanz aus und durch ein Aussehen wie »chagriniertes Leder« (H. MÜLLER).

Man kann die Netzhautgefäße auch wahrnehmen, wenn man auf einen dunklen Hintergrund blickt und dabei unterhalb oder seitlich vom Auge ein brennendes Licht hin und her bewegt. Der Gefässbaum zeigt sich dann nur während der Bewegung des Lichtes. Auch hier zeigt sich die Netzhautgrube als eine helle Scheibe mit einem halbmondförmigen Schatten in der Mitte des Gesichtsfeldes (H. MÜLLER). Eine dritte Methode besteht darin, dass man durch eine kleine Oeffnung, die man vor der Pupille schnell hin und her bewegt, nach dem hellen Himmel oder nach einer anderen breiten, lichten Fläche blickt. Dass wir für gewöhnlich die Gefässnetze nicht sehen, erklärt HELMHOLTZ (cf. oben) daraus, dass die Empfindlichkeit der beschatteten Stellen grösser ist als die der übrigen Theile der Netzhaut, so dass bei ihnen die durch den Werth des Gefässschattens verminderte Lichtintensität ebenso stark erregend wirkt, wie an den übrigen Netzhautstellen die unverminderte Lichtstärke. Verändern wir den Ort des Schattens, so wird derselbe nun wahrnehmbar, weil die schwächere (um den Gefässschatten verminderte) Beleuchtung nun auf ermüdete, weniger reizbare Netzhautelemente trifft. Die reizbareren, früher beschatteten Netzhautelemente empfinden die volle Beleuchtung stärker, daher rührt es, dass im Anfang des Versuchs mit der Convexlinse der Gefässbaum zuweilen hell auf dunklem Grunde erscheint. Die Schwankungen in der Reizbarkeit gleichen sich sehr rasch aus, so dass nur bei beständigem Wechsel in der Beschattung der Netzhaut die beschriebenen Erscheinungen wahrgenommen werden können. 7) Beobachtung der Linialpigmente. Blickt man bei dem Oeffnen der Augen im Augenblick des Erwachens

Fig. 246.



gegen eine helle Wand, so erblickt man die Aderfigur. A. Ewald erkannte dabei die *cula lutea* innerhalb des oben beschriebenen Gefässkranzes als einen gelben, von rosagefärbten Hof umgebenen Fleck, es kommt also bei diesem Versuch die gelbe Farbe und der umgebende Seh purpur entoptisch zur Wahrnehmung. 8) Bei sehr Beleuchtung des Auges, z. B. durch Schneeflächen, erscheinen entoptisch auch die Blutperchen in den Netzhautkapillargefäßen (cf. unten).

### Augenleuchten und Augenspiegel.

(HELMHOLTZ.) Das auf die Netzhaut fallende Licht wird zum Theil von den Pigmenten der Retina und Aderhaut absorbiert, zum kleineren Theil kehrt es reflectirt durch die Netzhaut nach aussen zurück. Für gewöhnlich nehmen wir nichts von diesem reflectirten Licht wahr. Wenn wir das Auge eines Anderen oder unser eigenes im Spiegel beobachten, so erscheint die Pupille dunkelschwarz. Der Grund liegt darin, dass bei dem Auge wie bei allen durchsichtigen brechender Medien, welche ein genaues Bild eines Gegenstandes entwerfen, das Licht von dem Bildpunkte auf demselben Weg, auf dem es eingefallen, wieder zurück reflectirt werden kann. Fixirt sonach ein Auge genau einen Gegenstand, so vereinigen sich die durch den Augenhintergrund reflectirten Strahlen auch wieder genau in dem Objectpunkte. Um das durch das Auge reflectirte Licht zu sehen, müsste sich der Beobachter zwischen das leuchtende Object und das beobachtete Auge hineinstellen, was so ohne weiteres natürlich ist, ohne dem beobachteten Auge das Licht abzuschneiden. Ist das beobachtete Auge accommodirt, so wird ein Bild der schwarzen Pupille des Beobachters auf der Netzhaut des beobachteten Auges entworfen, welches von den Augen des Beobachters genau wieder auf die Pupille des Beobachters reflectirt wird. Dieser sieht sonach in dem beobachteten Auge nur den Widerschein seiner eigenen, also schwarz. Daher erscheint gewöhnlich die Pupille und der Augenhintergrund schwarz, und man erkennt nicht das durch stärker Licht reflectirenden Theile, wie die Sehnerveneintrittsstelle, die Gefässe etc. Albinos, denen das Pigment der Choroidea fehlt, sieht man dagegen die Augen leuchten, das durch die Sclerotica einfallende Licht diffus reflectirt wird. Halten wir den Kopf vor einem dunklen Schirm vor dem Auge, der nur eine der Pupille entsprechende Oeffnung hat, so wird das Licht von der Sclera ab, so erscheint auch bei Albinos die Pupille schwarz. Auch das Auge einer Camera obscura erscheint aus den gleichen Ursachen, von vorn gesehen, schwarz, wenn nur ein Licht im Zimmer ist.

Es ist leicht einzusehen (HELMHOLTZ), dass der Beobachter von allen jenen Punkten der Netzhaut des beobachteten Auges Licht empfangen kann, auf welches das Zerstreulicht seiner eigenen Pupille fällt. Denken wir uns die Pupille des Beobachters als leuchtende Scheibe, deren Zerstreungsbild im beobachteten Auge entstehen würde, so gehen die Lichtstrahlen von einem oder mehreren Punkten dieser leuchtenden Scheibe nach jedem Punkte ihres Zerstreungsbildes hin, es können also auch rückwärts Lichtstrahlen nach einem oder mehreren Punkten der leuchtend gedachten Pupille des Beobachters von jedem Punkte der Netzhaut, der dem Zerstreungskreis der leuchtenden Pupille angehört, gelangen. Der Beobachter wird also auch das beobachtete Auge leuchten sehen, so oft das Zerstreungsbild seiner eigenen Pupille in dem beobachteten Auge zusammenfällt mit einem Theile des Zerstreungskreises eines leuchtenden Gegenstandes. Die Pupille eines beobachteten Auges erscheint daher roth leuchtend, wenn der Beobachter dicht am Rande einer Lichtflamme vor dem Auge steht, um nicht geblendet zu werden, durch einen dunklen Schirm von seinem Auge abhält, nach dem Auge eines andern blickt, das für eine nähere oder viel weiter entfernte Objecte accommodirt oder nur etwas seitwärts gerichtet ist.

Das Augenleuchten kommt noch besser zur Wahrnehmung, wenn man nicht das Licht der Flamme in das Auge fallen lässt, sondern von einer durchsichtigen, spiegelnden Fläche, etwa einer Glasplatte, reflectirt, wobei der Beobachter durch die reflectirten

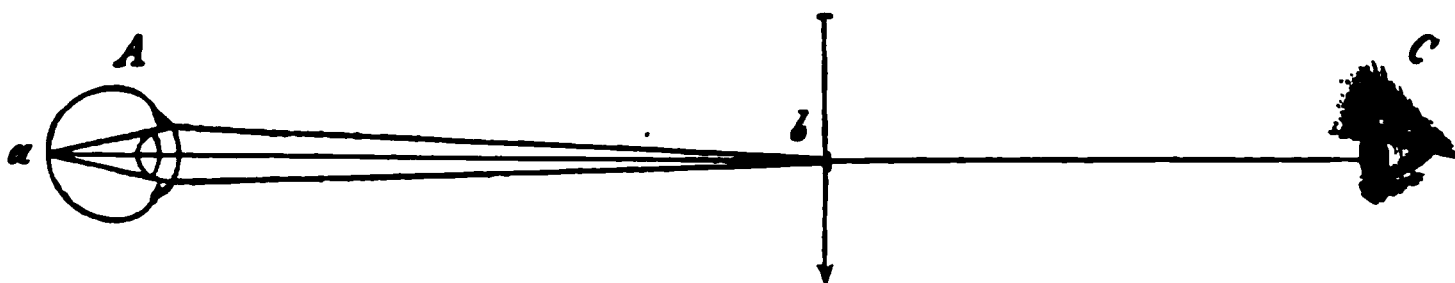
urch sehen kann. Das aus dem Auge zurückkehrende Licht wird z. Th. vom Spiegel nach Lichtquelle reflectirt, z. Th. geht es aber auch durch die Platte hindurch und in die Pu- des Beobachters, der das betreffende Auge nun leuchten sieht. Statt spiegelnder Glas- en kann man auch belegte Spiegel oder Metallspiegel, an denen man eine enge Oeffnung Durchsehen angebracht hat, benutzen. Trotz des Leuchtens kann der Beobachter bei n Versuchen doch für gewöhnlich nichts Genaueres in dem Auge unterscheiden, weil er as Bild, welches die Augenmedien vom Hintergrunde des beobachtenden Auges entwor- nicht genau accommodiren kann. Um letzteres zu ermöglichen, müssen noch passende insen hinzugenommen werden: Augenspiegel.

Der Augenspiegel, Ophthalmoskop, besteht aus einer Zusammenstellung eines Beleuch- apparatus (Spiegel) mit solchen passenden Glaslinsen. Mit seiner Hülfe kann man die r auf der Netzhaut und vor Allem Theile der Netzhaut selbst deutlich sehen und unter- en.

Man kann verschiedene Mittel anwenden, um ein deutliches Bild des enhintergrundes zu erhalten.

Ohne Gläser geht es, wie gesagt, für gewöhnlich gar nicht.

Fig. 247.

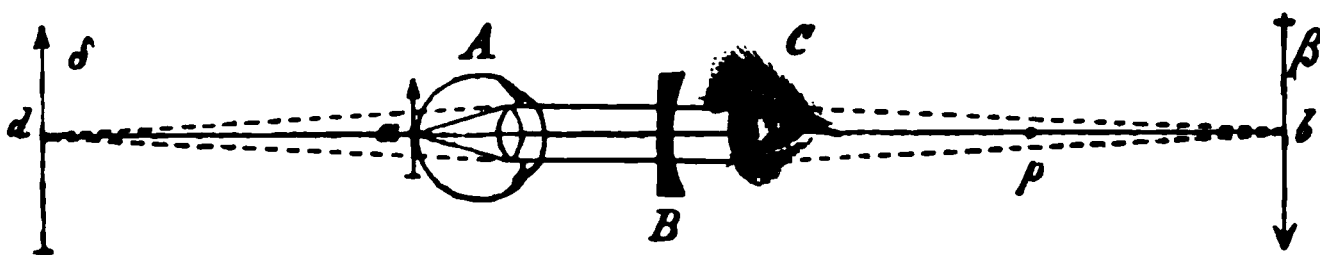


In der Figur (247) ist A das beobachtete Auge, a ein Punkt seiner Netzhaut, dessen Bild ankte b entworfen wird, in der Entfernung, in welcher das beobachtete Auge deutlich, das Bild der Netzhautstelle ist verkehrt und vergrößert. Ein Beobachter müsste b aus iner Sehweite) betrachten, das Gesichtsfeld wird aber dann, da es durch die Pupille des achteten Auges begrenzt wird, in dieser Entfernung so klein sein, dass er nichts deutlich men kann.

Man kann das Bild des Augenhintergrundes auf zwei Weisen darstellen: 1) aufrecht virtuell, durch eine concave Linse, oder 2) reell und umgekehrt durch eine vexe Linse.

1) Zur Darstellung im aufrechten virtuellen Bilde verwendet man eine avlinse B, deren Brennweite  $Bp$  kleiner ist als die Entfernung des Punktes b von ihr; solche macht die von A nach b hin konvergirenden Lichtstrahlen divergent, so als kämen is einem scheinbar bei d im Rücken des beobachteten Auges liegenden Punkt her.

Fig. 248.



a:  $p$  = Brennweite der Linse

$\alpha$  =  $Bb$  (Abstand der Linse vom eigentlichen Bilde des Augenhintergrundes)

$\gamma$  =  $dB$  (Abstand von dem durch die Linse entworfenen Bilde)

$$\alpha: \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{p}$$

$\gamma$  ist gleich der Sehweite des Beobachters, die Entfernung des Punktes b richtet sich nach

der Sehweite des untersuchten Auges. Aus der Gleichung ist die Linse zu berechnen, die Beobachtung nöthig ist.

2) Zur Darstellung im reellen umgekehrten Bilde bringt man nahe beobachtende Auge eine Convexlinse von 1—2 Zoll Brennweite. Die aus dem Au-

Fig. 219.



b konvergierenden Strahlen dadurch schon in ein beobachtetes Auge viel Punkte  $d$  zur Vereinigung gebracht. Das beobachten kann dem beobachteten entsprechend viel näher werden als ohne Linse.

dabei doch noch für das Bild des Augenhintergrundes accommodiren:  $\frac{1}{a} - \frac{1}{y} =$

COCCIGS und HEYMAKX haben Autophthalmoskope construiert.

### Zur historischen Entwicklung der Lehre vom Sehen.

Nach (HELMHOLTZ, der Meinung der Platoniker und Stoiker von dem Wesen der Wahrnehmungen, an welche sich ROGER BACON anschliesst, treffen Lichtstrahlen, die aus dem Auge ausgehen, auf Lichtstrahlen, welche von sichtbaren Objecten kommen, und kehren dort mit dem Gefühle der Gegenstände wieder zurück. Die Epikureer dachten sich körperliche, die Peripatetiker unkörperliche Bilder von den sichtbaren Gegenständen. ARISTOTELES lehrte, dass ein unkörperliches Wesen das Sehen bedinge. Das ist nicht die Materie selbst wahr, sondern nur einen Schein derselben, wie den Abdruck eines Siegels in Wachs. Die Meinung des ARISTOTELES hielt sich in realistischer Form lange, wir finden sie noch bei ORIBASIOS und CELSUS, man behauptete, die Objecte üben einen Eindruck auf die zunächstliegende Luft, diese auf die angrenzende, und so weiter, bis zur Krystalllinse, welche man für das Hauptorgan des Sehens hielt. CARTESIUS substituirt für Luft ein hypothetisches, ätherisches Medium. Er glaubte, das Sehen würde durch die Schwingungen eines überall verbreiteten, also auch im Auge befindlichen Äthers bewirkt.

der im Glaskörper ein räumliches Bild entstehen solle. **PLAGGE** hielt sogar das auf Hornhaut durch Spiegelung entstehende Bild für das Object des Sehens, das nach **J. READ** in die Nerven der Hornhaut empfunden würde. Nach **ANDREAS HORN** wirkt die Netzhaut als Hohlspiegel, sie reflectirt das Bild gegen den Glaskörper, welcher von hier aus auf die Nerven wirke.

Die Accommodationsfähigkeit des Auges hat zu vielen Streitigkeiten Veranlassung gegeben. **MÜNCKE** stellt (1827) die Möglichkeiten, auf welchen die Accommodation beruhen könnte, zusammen: entweder muss, angenommen die Retina selbst steht unbeweglich fest, die Krystalllinse sich der Retina bei Betrachtung entfernterer Gegenstände nähern, bei näheren weiter von ihr entfernen; oder die Krystalllinse ändert ihre Form, sie wird flacher beim Blick entfernter, convexer bei dem näheren Gegenstände; oder es ändert sich die Form des Auges und die Krümmung der Hornhaut in der Art, dass für entferntere Objecte das Auge flacher, für nahe convexer oder länger wird. Ausser diesen drei Meinungen wurde noch eine vierte vertheidigt, welche die Accommodation nur auf die veränderliche Weite der Pupille schob.

**KEPPLER** glaubte, wie **ALBINUS**, dass bei der Accommodation für die Nähe der Strahlenkörper durch seine Zusammenziehung auf den Glaskörper drücke, wodurch die Krystalllinse nach vordrücken gerückt würde. Nach **PORTERFIELD** (1759) wäre diese Contraction des Strahlenkörpers unzulässig, nach **ZINN** träte sie durch vermehrten Flüssigkeitszufluss ein. **SCHEINER** und **CARTER** vertraten die Meinung, dass durch die Contraction des Strahlenkörpers die Linse convexer werde. **PEMBERTON** und **YOUNG** glaubten, die Aenderung in der Convexität träte durch Contraction muskulöser Fasern in der Linse selbst ein. **MOLINET** meinte, dass durch die Contraction der vier geraden Augenmuskeln das Auge verkürzt und dadurch zum Sehen entferntere Gegenstände geeigneter werde, **BOERHAVE** glaubte umgekehrt, dass diese Contraction eine Verlängerung des Augapfels zur Accommodation für die Nähe bewirke. **JUNIN** hatte eine stärkere Krümmung der Hornhaut für das Nahesehen postulirt. **YOUNG**'s mit grosser Genauigkeit ausgeführte Messungen (1804) bewiesen, dass weder die Convexität der Hornhaut, noch die Länge der Augenaxe sich bei der Accommodation verändere. **F. v. HALLER** vertheidigte **LE ROY** die Meinung **LA HIRE**'s, dass die eintretende Verengerung der Pupille die Accommodation für die Nähe bewirke, auch bei der Camera obscura würden die Bilder naher Gegenstände deutlicher, wenn man die Oeffnung verkleinert. Andere, wie auch **MAGENDIE**, leugnen die Accommodation ganz (das Nähere bei **HELMHOLTZ**, Physiologische Optik).

Ueber den Gebrauch von Brillengläsern findet sich die erste Notiz bei **PLINIUS** (XXVII. c. 5). Er erzählt von gewissen Smaragden, »dass sie das Gesicht sammeln« (colligere) und deshalb nicht geschnitten werden dürften, und dass der Kaiser **NERO**, welcher kurzsichtig war, durch einen solchen Smaragd die Kämpfe der Gladiatoren zu bestaunen pflegte. Im Anfange des 14. Jahrhundert wurden die Brillen als neue Erfindung bezeichnet. Ein Florentiner Edelmann, **SALVINUS ARMATUS**, gest. 1347, wird in seiner Grabinschrift als Erfinder der Brillen bezeichnet. **ALEXANDER DE SPINA**, ein Mönch aus Pisa, gest. 1343, soll bei Jemand, der ein Geheimniss daraus machte, Brillen gesehen und sie nachgemacht haben. **MAUROLYCUS** versuchte eine Theorie der Brillen, **KEPPLER** gab die vollständige.

### III. Die Gesichtsempfindungen.

#### Die Reizung des Sehnervenapparates.

Ein Theil des Nervenapparates des Körpers (**HELMHOLTZ**) besitzt die spezifische Fähigkeit, dass durch seine Erregung Empfindungen entstehen, welche im Kreise des Gesichtssinnes angehören, und welche wir im Allgemeinen als



**Lichtempfindungen** bezeichnen. Wir nennen den die Lichtempfindung vermittelnden Abschnitt des Nervensystems, zu welchem die Netzhaut, der Sehnerv und ein noch nicht genau abgegrenzter Theil des Gehirnes gehört, zu welchem die Sehnervenwurzeln eintreten, nach J. MÜLLER die Sehsinns-substanz oder den Sehnervenapparat. Das häufigste und wichtigste Reizmittel für den Sehnerven ist das objective Licht. Die Netzhaut und der Sehnerv liegen vor mechanischen Einwirkungen geschützt, innerhalb der Umhüllungen, die jedoch zum Theil dem Lichte leicht durchgängig sind. Die Reizung der Netzhaut und des Sehnerven erfolgt daher mit überwiegender Häufigkeit durch Licht. Wir bezeichnen denjenigen Theil der Aetherschwingung, welcher im Auge Lichtempfindungen hervorruft, als **Licht**, ein Name, der eigentlich nur der dadurch erregten Empfindung zugetheilt werden soll. Die Aetherschwingungen, die sich von dem Lichte nur durch eine verschiedene Schwingungsdauer unterscheiden, die unsere Sehsinns-substanz nicht, wohl aber unseren Wärmesinnapparat erregen, bezeichnen wir als **Wärme**. Der Unterschied zwischen Licht und Wärme ist also nur ein quantitativer, kein qualitativer, wie uns unsere Sinnesempfindungen vortäuschen.

Jede beliebige Reizung des normalen Sehnervenapparates ruft ebenso wie die Reizung durch objectives Licht Lichtempfindungen hervor. Sie treten also gesehen von der Lichtreizung ebenso ein durch Reizung aus inneren Ursachen wie durch mechanische, electricische und chemische (?) Erregung.

Bei plötzlicher mechanischer Erregung, z. B. durch Schlag oder Stoss auf das Auge, erscheint, besonders lebhaft im Dunklen, ein blitzartiger, oft sehr heller, aber wieder verschwindender subjectiver Lichtschein über das ganze Gesichtsfeld hin. Ein scharf begrenzter Druck mit einer stumpfen Spitze gegen den Augapfel erzeugt an der dem entsprechenden Netzhautstelle eine begrenzte Lichterscheinung mit hellem Centrum, umgeben von einem dunklen und einem hellen Kreise: ein **Druckbild**, **Phosphen**. Nach den schon mehrmals erwähnten Gesetzen, nach welchen wir die Reizung der Netzhaut aussen in das Gesichtsfeld zu verlegen pflegen, erscheint die Druckfigur, wenn wir den Augapfel z. B. oben drücken, an der unteren Grenze des Gesichtsfeldes, drücken wir unten, so erscheint sie oben und aussen. Uebt man längere Zeit einen möglichst gleichmässigen Druck auf den Augapfel aus, so erscheinen nach kurzer Zeit wechselnde, leuchtende Figuren im Gesichtsfelde in veränderlich phantastischem Spiele. Oeffnet man das Auge gegen helle Objecte, so herrscht dann im ersten Momente Dunkelheit, aus der sich allmählig in der Mitte des Gesichtsfeldes einzelne hellglänzende Objecte herausheben. Auf mechanische Ursache, auf Zerrung des Sehnerven an seiner Eintrittsstelle sind auch jene ringförmigen Ringe und Halbringe zurückzuführen, welche im Dunklen, bei raschen Augenbewegungen auftreten, besonders bei starker Drehung des Auges nach innen, wie man sie bei der Accommodation für die Nähe auszuführen pflegt. Hustet man im Dunkeln, so wird in Folge momentanen Stauung des Blutes im nervösen Apparate des Auges dieser letztere gereizt und man sieht Lichtblitze vor den Augen. Sind die Augen stärker empfindlich, so bemerkt man beim Husten im Dunkeln eine allgemeine schwache Erhellung des Gesichtsfeldes, auf welcher sich von dem bläulich grauen Grunde die Netzhautgefässe in stärkerem bläulichem Lichte in ihrer ganzen Ausdehnung scharf abheben. Man nennt (**PURKINJE**, **CZERNY**) diesen schmalen Feuerring im Umkreis des Gesichtsfeldes, welcher aufblitzt, wenn man im Finstern die Augen für das Sehen in nächster Nähe eingerichtet und dann plötzlich wieder für die Ferne accommodirt, **Accommodationsphosphen**. Bei starker Accommodation für die Nähe tritt beim Blick auf eine leuchtende Fläche rasch eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes ein, was auch auf eine dabei stattfindende mechanische Reizung hindeutet. Man hielt

er für ein wunderbares Paradoxon, dass die Netzhaut, welche fähig ist, ein so feines Agens das Licht zu empfinden, gegen grobe mechanische Missbehandlungen ziemlich unempfindlich, d. h. dabei keinen in das Gebiet der Tastempfindungen gehörigen Schmerz empfinden l. Es fehlt ihr aber nicht die Empfindlichkeit, die Form der Empfindung ist jedoch eine falsche.

Aus sogenannten »inneren Ursachen« treten mannigfache Lichtempfindungen auf. Hauptsache nach mögen diese sogenannten inneren Ursachen mechanische Veränderungen der Sehsinnssubstanz sein, z. B. vermehrter Druck des Blutes in den Gefässen oder den Flüssigkeiten. Manchmal, z. B. bei narkotischen Vergiftungen, kann man an eine Art mechanische Reizung durch Veränderung in der Zusammensetzung des Blutes denken. Auch dieser Erscheinungen sucht man wohl auch zu erklären durch Ausbreitung des Reizes innerhalb der nervösen Centralorgane von anderen Theilen des Nervensystems auf das Gebiet des Sehsinnes, nach dem Gesetze der Mitempfindung. Nach diesem Gesetze z. B. bei manchen Personen der Anblick grosser, heller Flächen, z. B. erleuchteter Schnee, Kitzel in der Nase erregen. Derartige Mitempfindungen scheinen im Sehnervenapparat z. B. bei Hypochondern, besonders von den Empfindungsnerven der Eingeweide auszu- zu können. Wahre Phantasmen, Hallucinationen, d. h. subjective Lichtbilder ohne äusserer Objecte, scheinen öfters auch dadurch zu entstehen, dass von den Theilen des Gehirnes, welche bei der Bildung von Vorstellungen thätig sind, aus inneren Ursachen andere Erregungszustände auf den Sehnervenapparat übertragen werden. Doch treten auch die auf inneren, mehr oder weniger krankhaften Vorgängen im Auge oder im Sehnerven beruhenden Lichterscheinungen nicht immer nur als unregelmässige Lichtflecken, sondern in Gestalt von Menschen, Thieren, Gegenden oder regelmässigen Mustern auf (NÄGELI, 1871). Man hat dabei das entschiedene Gefühl, wirklich zu sehen, welches nicht nur bei Fiebern und Fieberkranken, sondern auch bei Gesunden Ursache von Täuschungen werden kann (J. MÜLLER).

Niemals ist das dunkle Gesichtsfeld auch bei gesunden Menschen von subjectiven Lichterscheinungen vollkommen frei. Man hat sie als Lichtchaos oder Lichtstaub des dunklen Gesichtsfeldes bezeichnet. Das Gesichtsfeld ist, unregelmässig mit den Athembewegungen wechselnd, schwach beleuchtet, mit schwankenden Lichtflecken bedeckt, Moosstielchen, Wurzeln, Nebelstreifen ähnlich, die besonders in unbekannten dunklen Räumen sich auch in Phantasmen gestalten können. Häufig sehe ich das sonst schwarze Gesichtsfeld mit nur feinen, aber regelmässig angeordneten Lichtpünktchen bedeckt, welche bei aufmerk- samer Betrachtung regelmässige eckige Formen zeigen. PUNKINJE sah feine Pünktchen, welche sich bewegten und lichte Streifen hinter sich zurückliessen. Bei raschem Erheben aus der Liege- lager Lage treten hier und da grössere glänzende, sich bewegende Funkenerscheinungen auf.

Schwankungen electricischer Ströme sind für den Sehnervenapparat, wie für die übrigen Nerven, starke Erregungsmittel. Man darf, wegen der Nähe des Gehirnes, bei Untersuchungen nur schwache Ströme verwenden. Schon bei Schliessung oder Oeffnung schwacher Ströme zeigen sich starke Lichtblitze, die bei gleicher Stromintensität stärker sind, wenn der Sehnerv in aufsteigender Richtung durchflossen wird (PFAFF). Leitet man einen konstanten Strom dauernd durch den Sehnerven und das Auge (HELMHOLTZ), so treten Veränderungen der Reizbarkeit ein, die ebenfalls nach der Stromrichtung verschieden sind. Bei einem schwachen aufsteigenden Strom wird das dunkle Gesichtsfeld des geschlossenen Auges heller als vorher und nimmt eine weisslich violette Farbe an. Im ersten Augenblicke erscheint die Eintrittsstelle des Sehnerven als eine dunkle Kreisscheibe. Die Erhellung tritt schnell an Intensität ab und verschwindet ganz bei der Unterbrechung des Stromes, worauf eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes stellt sich nun eine röthlich gelbe Färbung des Lichtes der Netzhaut ein. Bei Schliessung des Stroms in absteigender Richtung wird das Eigenlicht der Netzhaut dunkler und röthlich gelb gefärbt, die Eintrittsstelle des Sehnerven erscheint als blaue Scheibe auf dunklem Grunde. Bei Unterbrechung des Stromes

hell, sich das Gesichtsfeld wieder auf und erscheint nun bläulich weiss, erkrankt, nerveneintritt dunkel. Lässt man die Electricität durch einen schmalen Zuleiter in den Augapfel selbst eintreten, so erscheint die Hälfte des Gesichtsfeldes, von der Stromrichtung, hell, die andere dunkel. HELMHOLTZ verglich diese Abwechselung im Erregungszustande des Sehnerven durch den konstanten Strom mit der Erregbarkeit im Electrotonus. Die Erscheinungen erklären sich aus tonischen Zustände der radial verlaufenden Nervenfasern der Netzhaut, wenn dass an ihrem hinteren Ende eine fortdauernde schwache Reizung durch innere erhalten wird, wie eine solche in dem Eigenlichte der Netzhaut sich zu erkennen. Fasern von einem Mittelpunkte ausstrahlen, so werden, wenn ein electrischer Strom durch die Netzhaut durchsetzt, die entgegengesetzt verlaufenden auch in die entgegengesetzten Phasen verfallen müssen, da die einen aufsteigend, die anderen absteigend durch den Strom gehen. So wird also auf der einen Seite des Netzhautcentrums Erholung, auf der andern Verminderung der Erregbarkeit herrschen, was den obigen Angaben entspricht. starken Strömen sah RITZEN eine Umkehr der oben beschriebenen Färbung des Gesichtsfeldes eintreten. Bei der zweiten Art der Zuleitung wirkt Stromunterbrechung wie Stromumkehr.

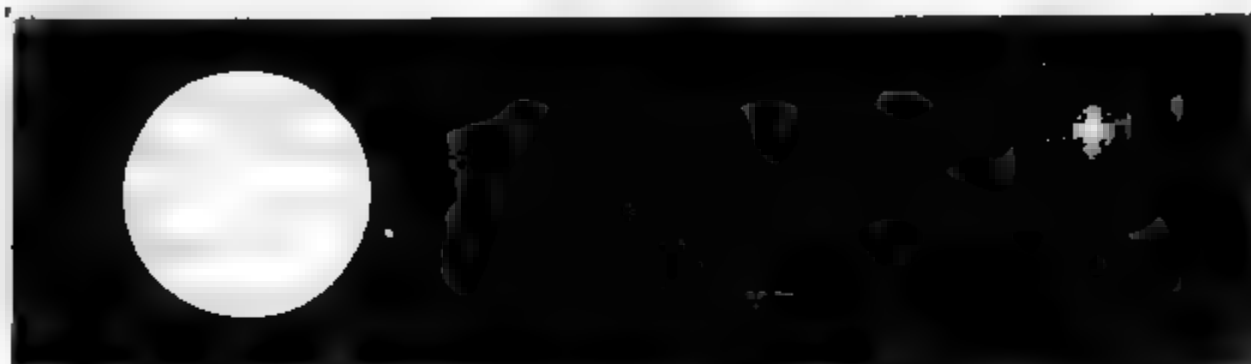
### Die lichtempfindlichen Apparate.

Wie die übrigen Nervenapparate kann, wie wir sahen, der Sehnerv durch die allgemeinen Nervenreize in den Erregungszustand versetzt werden. Die Fähigkeit, durch objectives Licht erregt zu werden, ist ihm allein eigenthümlich. Das objective Licht gehört nicht zu meinen Nervenreizmitteln und selbst auch die Nervenfasern des Sehnerven und der Retina können dadurch nicht in Erregung versetzt werden. Nur in specifischen Reizapparaten an den Enden der Nervenfasern in der Netzhaut, in den Zapfen und Stäbchen vermag das objective Licht den Anstoss zu einer Nervenregung zu geben. Die lichtempfindlichen Elemente der Netzhaut unterscheiden sich von den übrigen durch die Fähigkeit der Lichtempfindung functionell von allen übrigen Theilen des Nervensystemes. Sie sind nur im Stande, auf eine für uns noch unbekante Weise das Licht in einen Nervenreiz umzusetzen. Nur soviel steht darüber fest, dass es erst secundär, in Folge gewisser durch das Licht in den lichtempfindlichen Apparaten hervorgerufener Veränderungen die mit ihnen verbundenen Theile des Opticus gereizt werden. Wir wissen aber noch nicht, ob diese Veränderungen in einer mechanischen Vibration bestehen, oder in einer elektrischen Umlagerung der Moleküle in der Weise, wie sie bei der electromotorischen Moleküle der Muskeln und Nerven nach E. du BOIS REEYMSCHERDE eintreten, oder in einer Erwärmung, oder ob, wie man gegenwärtig geneigt ist anzunehmen, die lichtempfindliche Netzhautschicht ein photochemischer Apparat ist.

Der Beweis dafür, dass die Nervenfasern der Retina nicht durch das Licht erregt werden können, ist durch den Nachweis des blinden Flecks geführt worden. An der Stelle, an welcher der Sehnerv in das Auge eintritt, liegt die Masse der Nervenfasern frei gegen die durchsichtigen Theile des Auges gekehrt, sie ist so durchscheinend, dass das Licht, welches auf sie fällt, leicht in sie eindringen kann. Hier fehlt aber, wie wir wissen, die

2 Zapfenschicht und es zeigt sich, dass das Licht, welches auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt, nicht empfunden wird (Fig. 220).

Fig 220.



Schliesst man das rechte Auge und fixirt, ohne mit dem Blick seitwärts zu schwanken, mit dem linken Auge das weisse Kreuzchen in der oben stehenden Figur und bringt das Buch in der gewöhnlichen horizontalen Richtung der Zeilen auf eine Entfernung von etwa einem Fuss vom Auge, so findet man leicht eine gewisse Stellung, in welcher der weisse Kreis gänzlich verschwunden ist und der schwarze Grund ununterbrochen erscheint. Ebenso kann man alle auf den Tisch gelegten, weissen, schwarzen oder farbigen Gegenstände von gleicher Grösse verschwinden lassen. Es existirt sonach im Gesichtsfelde und entsprechend in der Netzhaut eines jeden Auges eine gewisse Stelle, an welcher nichts gesehen wird, ein blinder Fleck. Diese Stelle ist, wie man aus den optischen Messungen- und Lagebestimmungen, sowie aus objectiven und subjectiven Beobachtungen mit dem Augenspiegel (Donner, Coccus) findet, die Eintrittsstelle des Sehnerven. Der Versuch zeigt uns, dass der blinde Fleck, entsprechend der Lage des Sehnerveneintritts, im Gesichtsfelde nach aussen vom Fixationspunkte, in der Netzhaut sonach gegen die Nasenseite zu von dem Orte des directen Sehens, des gelben Flecks gelegen sei. Seine Form ist eine wenig unregelmässige Ellipse, an der sich noch einige schmale Ansätze, die ziemlich weit in das Feld der Netzhaut hineinragen, die Anfänge der grösseren Gefässstämme, erkennen lassen. Zur weiteren Bezeichnung der Grösse des blinden Flecks im Gesichtsfelde führt HELMHOLTZ an, dass auf seinem Durchmesser neben einander 14 Vollmonde Platz haben würden, und dass in ihm ein bis 7 Fuss entferntes menschliches Gesicht verschwinden kann.

Ein directer Beweis dafür, dass nur die hinteren Schichten der Netzhaut lichtempfindlich sind, ergibt sich daraus, dass wir im Stande sind, optisch den Schatten der Netzhautgefässe wahrzunehmen. Letztere liegen in der Schicht der Nervenfasern, und ihre feinen Verzweigungen treten auch in die Schicht der Nervenzellen und in die fein granulirte Schicht ein. Aus den Bewegungen des Gefässschattens bei Bewegung der Lichtquelle mussten wir schliessen, dass die den Schatten empfindende Schicht in sehr geringer Entfernung hinter den Gefässen liege. H. MÜLLER berechnete diese Entfernung zu 7 bis 0,36 mm, und seine Messungen ergaben, dass die Entfernung der Gefässe von der Stäbchen- und Zapfenschicht wirklich zwischen 0,2 bis 0,3 mm beträgt, sodass damit bewiesen ist, dass die lichtempfindliche Schicht in den vorderen Netzhautschichten zu suchen ist. Noch weiter anschaulich



wird uns die Bedeutung der Stäbchen- und Zapfenschicht aus dem oben beschriebenen Bau des gelben Flecks, in welchem die übrigen Netzhauttheile die bekannte Reduction zeigen. Sowohl den Stäbchen als den Zapfen kann nach den Beobachtungen von M. SCHULTZE die Lichtempfindlichkeit zu, während das alleinige Vorkommen von Zapfen im gelben Flecke, dem Ort des schärfsten Sehens, dass die Zapfen, obwohl sie nach KÜHN keinen Purpur enthalten sollen, zum wenigsten einen gewissen Vorzug vor den Stäbchen besitzen. Auch aus dem Grade der Genauigkeit, den das Sehen erreichen lässt, rechtfertigt sich die Annahme, dass die Stäbchen und Zapfen die letzten endenden Elemente der Netzhaut bilden. Das beste von E. H. WERNER untersuchte Auge konnte zwei weisse Striche, deren Mittellinien  $0,00526 \text{ mm} = 2''$  scheinbaren Gesichtswinkel von einander abstanden, noch als gesondert unterscheiden; HELMHOLTZ gelingt die Unterscheidung bei stärkerer Beleuchtung und bei den günstigsten Umständen noch bei einem Abstand von nur  $0,0016 \text{ mm}$  ( $= 63''$  G. W.), nach den Angaben von HOOK kann ein gewöhnliches Auge zwei Sterne, deren scheinbarer Abstand von einander  $0,06438 \text{ mm} = 6''$  beträgt, sicher als gesondert unterscheiden. Nach VOLKMANN und HARTMANN bekommt man noch kleinere Werthe bis zu  $0,00356 \text{ mm} = 50''$  G. W. Die Messungen von H. MÜLLER beträgt die Dicke der Zapfen im gelben Flecke bis  $0,0020 \text{ mm}$ , nach M. SCHULTZE bis  $0,0025$ , nach WELCKER von  $0,001$  bis  $0,0036 \text{ mm}$ . Ihre stabförmigen Enden fand SCHULTZE zu  $0,00066 \text{ mm}$ . Diese Feinheit reicht sonach für die Erklärung der Schärfe des Unterscheidungsvermögens des Auges aus.

Nach den Seitentheilen der Netzhaut zu nimmt die Unterscheidungsvermögen von dem Netzhautcentrum aus ab, und zwar nach oben und unten schneller als nach der äusseren Netzhautseite hin ARNOLD und FÖRSTER. Da sich eine gleich starke Abnahme der Genauigkeit der optischen Bilder nach den Seitentheilen der Netzhaut zu, wenigstens beim geschnittenen Kanarienvogel, nicht findet, so scheint aus dieser Beobachtung hervorzugehen, dass überhaupt die Unvollkommenheit des Sehens auf den seitlichen Netzhauttheilen nicht so sehr von der grösseren Undeutlichkeit der optischen Bilder, als vielmehr von der geringeren Empfindlichkeit der Netzhaut abhängig sei.

Das Licht, welches auf ein einziges lichtempfindendes Netzhautelement fällt, ruft nur eine einzige Lichtempfindung hervor. Lichtstarke Objecte, auch von verhältnissmässig kleiner, scheinbarer Grösse, wie die Fixsterne, können, obwohl ihre Grösse geringer ist als die eines lichtempfindenden Elementes, vom Auge wahrgenommen werden. Dagegen können zwei helle Punkte nur dann getrennt erkannt werden, wenn der Abstand ihrer Bilder grösser ist als die Breite eines Netzhautelementes. Wäre er kleiner, so würden beide Bilder auf dasselbe oder auf zwei benachbarte Nerven-elemente fallen müssen. Im ersten Falle würden beide Lichtpunkte nur eine einzige Empfindung hervorrufen, im zweiten Falle würden aber in benachbarten Elementen, wobei wohl kaum eine Entscheidung möglich wäre, zwei gesonderte Lichtpunkte oder einer, dessen Bild auf die Grenze beider Elemente fällt, wahrgenommen werden. Ist der Abstand der beiden hellen Bilder oder wenigstens der grössere von einander grösser als die Breite eines empfindenden Elementes, erst dann können die Bilder auf zwei verschiedene Elemente fallen, die sich gegenseitig nicht berühren und in denen ein Element zurückbleibt, welches nicht oder wenigstens schwach von Licht getroffen wird (HELMHOLTZ).

VOLKMANN schloss aus seinen oben erwähnten Versuchen, dass die Zapfen des gelben Flecks nicht fein genug seien, um die Feinheit des Unterscheidungsvermögens des Auges zu erklären. Es muss also ein Element zurückbleiben, welches nicht oder wenigstens schwach von Licht getroffen wird (HELMHOLTZ).

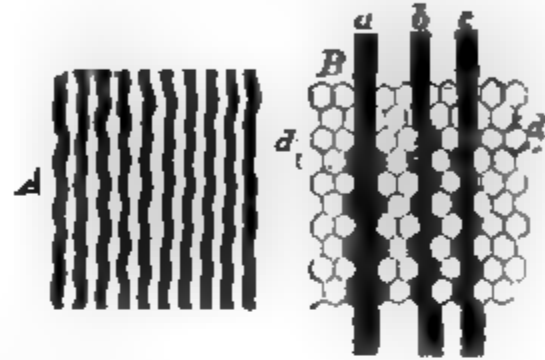


ang noch daran erinnert werden, dass der faserige Bau des Körpers, der Zapfen und nervösen Fortsätze darauf zu deuten scheinen (M. SCHULTZE), dass sie noch eine feinere Struktur besitzen, die eine noch viel weiter gehende Unterscheidungsfähigkeit erklären könnte, wir diese Fasern als letzte empfindende Elemente betrachten dürften.

zur Prüfung der Feinheit des Unterscheidungsvermögens benutzte SCHULTZE ein feines, vor den hellen Himmel gestelltes Drahtgitter, bei welchem der Zwischenraum zwischen den schwarzen Drähten gleich gross war wie die Drähte selbst. An der Grenze des Unterscheidungsvermögens fand HELMHOLTZ eine scheinbare Formveränderung der geraden hellen und dunklen Linien. Die weissen Streifen erschienen zum Theil wellenförmig gekrümmt, zum Theil perlschnurartig abwechselnd dickeren und dünneren Stellen. Er schreibt diese Unregelmässigkeit auf das Mosaik der Netzhaut zurück, deren auf dem Durchschnitt etwa sechs- oder sieben Elemente bei reihenweise (linienförmig) statt der Erregung nur je eines Netzhautelementes Krümmungen der erregenden geraden Lichtlinie hervorzurufen müssen. Es kommt hierbei sonach die Gestalt der erregten Netzhaut-elementarflächen direct zur Beobachtung (Fig. 224).

Zur ärztlichen Bestimmung der Sehschärfe werden in der Regel Buchstaben von verschiedener Grösse benutzt, welche man aus grösserer Entfernung und mit passender Unterstützung der Refraction durch Brillengläser betrachten lässt. Man benutzt als Maass der Sehschärfe einen Bruch, dessen Zähler der Abstand ist, in welchem jene Buchstaben noch gelesen werden konnten, dessen Nenner dagegen die Entfernung ist, aus der sie unter einem Winkel von 5 Winkelminuten erscheinen. Die letzteren Entfernungen sind bei den Buchstabenproben, welche SNELLEN veröffentlicht hat, angegeben. Im Durchschnitt ist diese Sehschärfe nach DE HAAN im 10ten Lebensjahre gleich 4,4, im 40sten gleich 4,0, im 80sten gleich 1,5, und nimmt mit steigendem Lebensalter continuirlich ab. Bei sehr starker Beleuchtung und Correction des Astigmatismus findet man die Sehschärfe um  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{1}{4}$  grösser als gewöhnlich (E. JAVAL).

Fig. 224.



## Farbenwahrnehmungen.

Die Lichteindrücke auf unser Sehorgan zeigen qualitative Verschiedenheiten. Das objective Sonnenlicht ist aus Licht von verschiedener Schwingungszusammengesetzt, welches sich in physikalischer Beziehung durch verschiedene Wellenlänge, Brechbarkeit und Absorptionsfähigkeit in gefärbten Medien unterscheidet. Subjectiv, physiologisch unterscheiden wir Licht verschiedener Schwingungsdauer dadurch, dass es in unserem Auge die Wahrnehmung verschiedener Farben erregt.

Wenn wir eine feine Lichtlinie des Sonnenlichtes durch ein Prisma treten, so erscheint uns ihr prismatisches Bild: prismatisches Spectrum, dem Beobachter als ein schmales Rechteck, dessen der Lichtquelle zugekehrtes Ende roth, das entgegengesetzte violett zwischen liegen, in einander übergehend, noch eine Reihe anderer Farben, zunächst am Ende, dann Gelb, Grün, Blau, endlich Violett. Das Ende des Spectrums bildet das schwache Ultraviolett, das erst sichtbar wird, wenn der übrige hellere Theil des Spectrums sorgfältig abgeblendet ist. Seine Farbe ist für die Mehrzahl der Augen bei geringer Intensität indigoblau, bei grösserer bläulichgrau. Am leichtesten kann das Ultraviolett durch das Phänomen der Fluorescenz sichtbar gemacht werden, indem man das ultra-

violette Licht auf fluorescirende Stoffe, wie saures schwefelsaures Chinin mit Ultraviolettglas, Aesculin, Kaliumplatincyanoür etc. fallen lässt. Die ultravioletten Strahlen werden durch diesen fluorescirenden Stoffen in gemischtes weisslichblaues Licht von mittlerer Intensität umgesetzt, für welches das Auge viel empfindlicher ist, als für das ultraviolette Licht. Auf der violetten Seite können wir also das Spectrum, wie es scheint, bis zu Ende wahrnehmen, auch auf der rothen Seite können wir durch vorsichtige Abblendung des Spectrums zur Anschauung bringen, welche für gewöhnlich unsichtbar bleibt. Man reicht hier das Spectrum noch weiter als es vom Auge wahrgenommen werden kann. Die rothen Strahlen folgen unsichtbare Wärmestrahlen. Der Grund ihrer Unsichtbarkeit scheint darin zu beruhen, dass sie von den Augenmedien absorbt werden. Nach Versuchen von CIMA lässt das Auge nur 9%, nach F. KIRCH etwa 1% der Wärme durch. Die geringe Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Netzhaut rührt von einer geringen Empfindlichkeit der Netzhaut für dasselbe her. Die Beobachtungen weisen, dass die ultravioletten Strahlen bei dem Durchgang durch die Augenmedien, nicht durch die Krystalllinse, zwar merklich gebrochen, aber doch nicht bedeutend geschwächt werden, um ihre Undeutlichkeit zu erklären. Die Schwächung rührt von der Absorption durch die Hornhaut und die Linse des lebenden Auges, vielleicht auch die Netzhaut. Die Netzhaut zeigt merklichen Grad von Fluorescenz, sie strahlt weisslich-blaues Licht aus, wenn violettes Licht auf sie fällt. Die fluorescirenden Substanzen absorbiren aber theilweise, durch welche ihre Fluorescenz hervorgerufen wird.

HELMHOLTZ gibt folgende Tabelle über die den Fraunhofer'schen Linien entsprechenden Farbentöne und ihre Wellenlängen. Letztere ausgedrückt in Hunderttausendtheile eines Millimeters.

Linie	Wellenlänge.	Farbe:	Linie	Wellenlänge	
A.	7617	ausserstes Roth	L.	3824	} (schwer wahrnehmbar)
B.	6878	Roth.	M.	3741	
C.	6564	Grenze des Roth u. Orange	N.	3532	
D.	5888	Goldgelb.	O.	3388	
E.	5260	Grün.	P.	3307	
F.	4843	Cyanblau.	Q.	3213	}
G.	4291	Grenze des Indigo u. Violett.	R.	3105	
H.	3929	Grenze des Violett			

**Complementärfarben.** Mit der Verschiedenheit der Wellenlänge der sichtbaren Lichtstrahlen wechselt die Farbenempfindung, einer bestimmten Wellenlänge des sichtbaren Lichtes entspricht in jedem Auge mit normaler Empfindlichkeit eine bestimmte Farbenempfindung.

Die bekannten Farben des Spectrums nennen wir vorzugsweise einfache Farben. Lassen wir gleichzeitig oder sehr rasch hinter einander verschiedene einfache Farben auf dieselbe Stelle der Netzhaut einwirken, oder auf identische Stellen der beiden Netzhäute<sup>2)</sup>, so entstehen neue Farbbeziehungen, welche durch die einfachen Spectralfarben nicht hervorgerufen werden, wir bezeichnen sie als Purpur und als Weiss. Purpurroth entsteht durch Mischung der einfachen Farben, die am Ende des Spectrums am gesättigsten durch die Mischung von Violett und Roth. Weiss entsteht durch Mischung verschiedener Paare von einfachen Farben. Man benennt die einfachen Farben, welche in einem bestimmten Verhältnisse gemischt weiss geben, als complementäre Farben. Es sind complementär Roth und Blaugrün oder Cyanblau; Gelb und Indigoblau Ultramarin, Grün gelb und Violett oder Purpur. Zu beachten ist, dass die Lichtintensitäten zweier einfacher

he zusammen Weiss geben, dem Auge nicht immer gleich hell erscheinen. eres ist nur bei der Mischung von Cyanblau und Orange der Fall. Violett, oblau und Roth erscheinen dunkler als die complementären Mengen des gehörigen Grüngelb, Gelb oder Grünlichblau.

Nimmt man aus weissem, aus allen Spectralfarben gemischtem Lichte eine , d. h. die Strahlen einer Wellenlänge weg, so geben alle anderen zu- en das Complement zu dieser wahrgenommenen Farbe. Entzieht man dem weissen Lichte die ultramarinblauen Strahlen, so erscheint das übrig ande Licht gelb. Dieses Gelb ist aber von dem monochromatischen Gelb pectrums wesentlich verschieden. Die Farben, welche aus Strahlen nur Wellenlänge bestehen: die Spectralfarben, erscheinen, wie in unserem iel das Gelb, im Allgemeinen weit gesättigter als dasjenige Gelb der- m Farben, die aus Strahlen verschiedener Wellenlängen gemischt sind, denen nur die eine Farbe, z. B. Gelb, dadurch überwiegt, dass ihr das lement genommen ist. Diese letzteren Farben sind eigentlich Weiss, dem e Strahlen zugemischt sind. Die Sättigung der Farbe ist also bei den ralfarben am grössten; alle anderen Farben kann man betrachten als aus bestimmten Spectralfarbe bestehend, der noch Weiss oder Grau zugemischt e geringer die Menge des zugemischten neutralen Lichtes (weiss oder grau) desto gesättigter, je grösser die Zumischung, desto weniger gesättigt er- it die Farbe.

Die Resultate der Mischung solcher Farben, welche nicht complemen- ind, fasst HELMHOLTZ in folgende Regel zusammen: Wenn man zwei ein- Farben mischt, welche im Spectrum weniger von einander entfernt sind, mplementärfarben, so ist die Mischung eine der zwischenliegenden Farben icht desto mehr in das Weisse, je grösser der Abstand der gemischten n ist, wird dagegen um so gesättigter, je kleiner der Abstand. Mischt man en zwei Farben, die in der Spectralreihe weiter von einander abstehen, mplementärfarben, so erhält man Purpur oder solche Farben, die zwischen der gemischten und dem entsprechenden Ende des Spectrums liegen. Die ung ist um so gesättigter, je grösser der Abstand der gemischten Farben ectrum ist.

e Farbenmischungsergebnisse sind übersichtlich in folgender Tabelle zusammengestellt (OLTZ). An der Spitze der vertikalen und horizontalen Columnen stehen die einfachen ; wo sich die betreffende vertikale und horizontale Columnne schneiden, ist die Misch- angegeben, welche übrigens immer bei verändertem Mischungsverhältnisse durch die Spectralreihe dazwischen liegenden Farben in jede der beiden einfachen Farben der ung übergehen kann.

	Violett	Indigoblau	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grüngelb	Gelb
	Purpur	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Goldgelb	Orange
	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Gelb	Gelb	
	wss. Rosa	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grüngelb		
elb	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grün			
	wss. Blau	Wasserblau	Blaugrün				
ün	Wasserblau	Wasserblau					
lau	Indigoblau						

dk. = dunkel.  
wss. = weisslich.

Die Methoden der Farbmischung sind HELMHOLTZ's. 1 Bringt man verschiedene Spectra oder verschiedene Theile eines Spectrums zur Deckung, so erhält man Zusammensetzung je zweier einfachen Farben. 2 Man blickt durch eine ebene Glasplatte in schiefer Richtung nach einer farbigen Fläche, während die dem Beobachter zugleich ihm gleichzeitig Licht eines andersfarbigen Objectes durch Reflexion zusendet. So das Auge des Beobachters zugleich von der Glustafel durchgelassenes Licht der ersten Farbe, reflectirtes Licht der anderen Farbe, und beide treffen dieselben Theile der Netzhaut. 3 Lässt auf dem Farbenkreisel (s. unten) Scheiben schnell rotiren, auf denen verschiedene farbige Sektoren angebracht sind. Ist die Rotation schnell genug, so verbinden sich die Eindrücke, welche die verschiedenen Farben auf die Netzhaut machen, zur Eindruck einer einzigen Farbe, der Mischfarbe. CZERMAK schlug den modificirten SCHREIBER'schen Farbenkreisel zum demselben Zwecke vor. Nicht angewendet werden darf die Methode der Mischung von pulverigen oder flüssigen Pigmente, da wegen der hierbei eintretenden Absorption die Farben der gemischte Farbstoff keineswegs ein Licht gibt, welches die Summe der Eindrücke der einzelnen in der Mischung enthaltenen Farbstoffen reflectirten Lichter ist.

**Die Grundfarben.** Durch Mischung dreier einfacher Farben erhält man die ganze Zahl der möglichen Farbenunterschiede, so dass wir durch Mischung von mehr als drei homogenen Farben nun keine neuen Farben mehr erhalten. Die Zahl der möglichen als Farbenempfindungen auftretenden Erregungen des Sehnervenapparates ist sonach eine beschränkte und verhältnissmässig geringe.

Der Sprachgebrauch bezeichnet jedoch auch noch Unterschiede in der Lichtstärke als Arten von Farben. Mangel an Licht wird als Dunkelheit bezeichnet; als schwarz bezeichnen wir Körper, welche das auffallende Licht nicht reflectiren, andere, welche alles auffallende Licht diffus reflectiren, als weiss. Körper, die von allem auffallenden Lichte einen gleichen Theil reflectiren, heissen grau, solche, welche das Licht gewisser Farben als anderes reflectiren, farbig. Lichtschwache gesättigte Farben werden dem Beisatz »dunkel« unterschieden, z. B. dunkelroth; bei ausserordentlich hoher Lichtstärke nennen wir Roth Rothbraun, Gelb Braun, Grün Olivengrün, die Farben bei geringer Lichtstärke überwiegend weisslich, so bezeichnen sie durch Zusammensetzung mit grau, röthlichgrau, gelbgrau, blaugrün.

Das Schwarz ist, obwohl es durch Abwesenheit des Lichtes hervorgerufen wird, eine wahre Empfindung, die wir deutlich von dem Mangel an Licht unterscheiden, wie er z. B. den Objecten hinter unserem Rücken entspricht.

Jede Mischfarbe kann hergestellt werden durch Mischung einer bestimmten Quantität weissen Lichtes mit einer gewissen Quantität einer gesättigten Spectralfarbe oder Purpur) von bestimmtem Farbentone. Die Quantität des weissen Lichtes ist objectiv von drei veränderlichen Grössen abhängig: 1) von der Lichtstärke, dem Farbenton, und dem Sättigungsgrad, oder mit anderen Worten 1) von der Quantität und 2) von der Qualität der Spectralfarbe und 3, von der zugemischten Quantität Weiss.

Das Gesetz unserer subjectiven Farbenempfindung unterscheidet sich von diesem objectiven Gesetze verschieden zu sein. Man hat in der That vielfältig versucht, alle Farben als Mischungen von veränderlichen Quantitäten dreier Farben, der sogenannten Grundfarben, zu betrachten.



en Grundfarben auch keine objective Bedeutung zuerkennen können, so ist es doch möglich, die subjectiven **Farbenempfindungen** auf drei **Grundfarbenempfindungen** zurückzuführen. Diese Hypothese wurde von THOMAS JOUNG im Anfang dieses Jahrhunderts aufgestellt und von HELMHOLTZ und neuerdings von H. K. MAX SCHULTZE u. A. acceptirt und dadurch in der Physiologie zur Geltung gebracht. HELMHOLTZ stellt die TH. JOUNG'sche Annahme folgendermassen dar:

1) Es gibt im Auge drei Arten von Nervenfasern. Reizung der ersten erregt die Empfindung des Roth, Reizung der zweiten die Empfindung des Grün, Reizung der dritten die Empfindung des Violett.

2) Objectives homogenes Licht erregt diese drei Arten von Fasern je nach der Wellenlänge in verschiedener Stärke. Die rothempfindenden Fasern werden am stärksten erregt von dem Lichte grösster Wellenlänge, die grünempfindenden von dem Lichte mittlerer Wellenlänge, die violettempfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge. Indess ist dabei nicht ausgeschlossen, muss vielmehr zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen angenommen werden, dass Spectralfarbe alle Fasern erregt, aber die einen schwach, die anderen stark. Das einfache Roth erregt stark die rothempfindenden, schwach die beiden anderen Faserarten; Empfindung: roth. Das einfache Gelb erregt mässig stark roth- und grünempfindenden, schwach die violetten; Empfindung: gelb. Das einfache Grün erregt stark die grünempfindenden, viel schwächer die beiden anderen Arten; Empfindung: grün. Das einfache Blau erregt mässig stark grün- und violettempfindenden, schwach die rothen; Empfindung: blau. Das einfache Violett erregt stark die gleichnamigen, schwach die anderen Fasern; Empfindung: violett. Erregung aller Fasern in ziemlich gleicher Stärke giebt die Empfindung von Weiss oder von weisslichen Farben.

Eine frühere Zeit, welche den Erregungsvorgang in den Nerven aus Schwingungen eines Lichtäthers zu erklären suchte, konnte daran denken, dass die Schwingungen des Lichtäthers sich vielleicht direct in Schwingungen des Nervenäthers umsetzten. Es schien nichts Uebrig zu stehen, den verschiedenen Wellenlängen des Lichtäthers entsprechend auch die verschiedenen Schwingungen des Nervenäthers sich von verschiedener Wellenlänge vorzustellen. Jede Opticusfaser wäre dann im Stande, alle verschiedenen Farbeindrücke zu empfangen, jeder Farbe würde ein eigener, specifischer Erregungszustand der Faser entsprechen. Diese Annahme steht in directem Widerspruch mit der Grundhypothese der specifischen Erregung: dass der Erregungszustand im Nerven stets ein und derselbe sei, und dass der Unterschied in der Nerventhätigkeit bedingt werde durch die Verschiedenheit der normalen Erfolgsorgane der Nerven, welche nur durch bestimmte Reize angesprochen werden können, und nicht durch die Verschiedenheit der Erfolgsorgane der Nerven, welche auf den ihnen von ihren Reizen zugeleiteten Reizzustand, mag er nun durch die normale Erregung der Reizorgane, oder durch directe anderweitige Reizung des Nerven hervorgerufen sein, immer nur mit einem bestimmten Kreise ihrer specifischen Energie gehörigen Erfolge antworten. Dieses Princip wird nicht abgelehnt, wenn wir für jede specifische Farbenempfindung eigene Reiz- und Erfolgsorgane in den Sehsinnapparate annehmen. Die TH. JOUNG'sche Hypothese sucht die nothwendige Zahl der verschiedenen Reiz- und Erfolgsorgane auf die drei genannten zu beschränken.

Man sucht die Hypothese zu stützen zunächst mit den Beobachtungen über **Farbenblindheit**, Daltonismus. Wenn die Farbenempfindungen eines für Farben normal empfindlichen Auges auf drei Grundfarbenempfindungen zurückgeführt werden können, so kommen Augen vor, deren Farbenempfindungen nur aus zwei Grundfarbenempfindungen zusammengesetzt zu sein scheinen. Es kommen farbenblinde Augen zur Beobachtung, welchen bei Betrachtung des



spectrums die Farbenempfindung des rothen Endes desselben fehlt. Rothblindheit ist sehr seltenen Fällen beobachtete man ein Fehlen des violetten Endes des Spectrums. Letztblindheit, am häufigsten ist die Grünblindheit. Bei grünblinden Augen diejenigen Lichtwellen, welche in den normalen Augen die Grünempfindung hervorrufen, eine Helligkeits-, aber keine Farbenempfindung. O. BECKER beobachtete eine angeborener, einseitiger totaler Farbenblindheit, die Lichtempfindung des blinden linken Auges war nur wenig geringer als die des in seinen Farbenempfindungen feinst ausgebildeten rechten. (O. BECKER macht hierbei darauf aufmerksam, dass räthselhafte Ueberspringen einer Generation bei Vererbung von Farbenblindheit durch derartige zwischengeschobene einseitige und daher unbemerkt bleibende Fehlbildung der scheinbar übersprungenen Generation handeln möge. Am längsten bekannt ist die sogenannte Rothblindheit (Dalros). Ausgeprägt rothblinde Augen sehen das Spectrum aus zwei Farben, die meist als Blau und Gelb bezeichnet werden. Als Gelb sind Orange, Gelb und Grün, die grünblauen Töne werden als Grau, der Rest der Spectra als Blau bezeichnet. Solche Augen verwechseln Zinnoberroth mit Braun, Roth mit Gelb, Rosaroth mit Blau. Bei Versuchen, welche HALLMANN mit der Farbenblindheit eines Rothblinden anstellte, erschienen Zinnoberroth identisch mit einer Mischung von Gelb mit 325<sup>0</sup> Schwarz, die für das normale Auge Dunkelolivengrün galt. Mit einer Mischung von 327<sup>0</sup> Gelb, 32<sup>0</sup> Blau, für das normale Auge Orange identisch 165<sup>0</sup> Gelb und 195<sup>0</sup> Blau, für das normale Auge schwach rothlich grün aus Roth, Gelb, Grün. Blau alle beliebigen Farbtöne mischen kann, so ergab sich, dass bei dem untersuchten Auge alle aus Gelb und Blau gemischt werden konnten. Urtheilen selber über die Uebergänge zwischen Violett und Roth, verwechseln aber Blau und Roth, auch sie unterscheiden nur zwei Farbtöne im Spectrum, welche scheinlich ziemlich richtig Blau resp. Violett, PRYER und Roth nennen. Es ist unmöglichen Abstufungen von normaler Farbenempfindlichkeit durch verminderte Empfindlichkeit bis zur ganzlichen Unempfindlichkeit vor. Hier und da war die Farbenblindheit angeboren, sondern sie trat plötzlich ein nach schweren Kopfverletzungen und Amputation des Auges. G. WILSON fand im Durchschnitt einen relativ Farbenblinden unter 67. Er u. A. machen auf die Gefahren aufmerksam, welche aus der Farbenblindheit hervorgehen können, bei der Unfähigkeit, farbige Signale zu erkennen wie sie auf Eisenbahnen üblich sind.

Die Fähigkeit, Farben wahrzunehmen, ist für jedes Auge eine besondere Eigenschaft. Die verschiedenen Netzhautabschnitte zeigen darin deutliche Verschiedenheiten. Die Fähigkeit, Farbe wahrnehmen zu können, muss dieselbe ein Feld von gewisser Ausdehnung haben, oder es muss wenigstens eine bestimmte Menge farbigen Lichtes auf die Netzhaut fallen. Die Grösse des farbigen Feldes muss bei der Betrachtung mit den Seitenhöfen mehr und mehr zunehmen. Ist das farbige Licht für die Farbenwahrnehmung zu schwach, erscheint es auf hellerem Grunde Grau oder Schwarz, auf dunklerem Grunde Weiss. Ist die Menge des ausgesendeten Lichtes sehr gross, wie z. B. bei den Fixsternen, so können wir auch die Farbe unendlich kleiner Farbfelder noch erkennen. Auf schwarzem Grunde erschienen ALBERT grüne und gelbe Quadrate von 1 cm Durchmesser bei einer Entfernung von 16 Fuss, als graue Punkte, rothe schon bei 42 Fuss. Blau behielt unter Umständen seine Farbe bis an die Grenze der Sichtbarkeit. Vor dem Versuche Roth und Grün deutlich gelb, Blau scheint direct ohne Farbenänderung in Weiss zu übergehen. In den Mischungen aus Blau und Roth überwiegt an den Grenzen des Sehfeldes und der Netzhaut das Blau, Weiss erscheint Grünblau. Purpur rein blau. Roth und Grün als gelblich (HOLMGREN). Daraus ergibt sich, dass die Netzhaut am meisten für blaues und grünes Licht empfindlicher ist als gegen rothes, ihre Farbenempfindung nähert sich dort einigermaßen der bei Rothblindheit. In der äussersten Peripherie der Farbenempfindung ganz, alle Farben werden nur grau gesehen. HALLMANN hat das Fehlen der Zapfen an der Peripherie zusammengeführt.

## Intensität und Dauer der Lichtempfindung.

Die Intensität der Lichtempfindung ist keine einfache Function der Intensität des objectiven Lichtes, welches die Retina reizt; sie wächst im Allgemeinen gleichartiges Licht nicht einfach proportional der objectiven Lichtstärke. Nach FECHNER steigt die subjective Empfindung der Helligkeit in arithmetischer Progression, wenn die objective Helligkeit in geometrischer Progression wächst. Jede Nervenreizung eine gewisse Stärke erreichen und überschreiten muss, eine Nervenenerregung hervorzurufen, so existirt auch für die Erregung der Sinnesorgane eine untere Reizschwelle oder unterer Schwellenwerth (FECHNER), eine bestimmte Höhe, welche der objective Lichtreiz erreichen und überschreiten muss, damit überhaupt eine Lichtempfindung entsteht. Die Reizschwelle liegt für Roth am höchsten und scheint von da gegen das Ende des Spectrums ziemlich continuirlich abzufallen. Auch sonst entsprechen die kleinsten noch wahrnehmbaren Abstufungen der Lichtempfindung nicht gleichen Differenzen der objectiven Helligkeit. Bei schwacher Beleuchtung kann man kleine Helligkeitsdifferenzen wahrnehmen, die bei stärkerer Beleuchtung verschwinden. Ein Licht von der Stärke des Mondlichtes wirft einen wahrnehmbaren Schatten auf eine weisse Fläche, der Schatten kann aber nicht mehr wahrgenommen werden, er verschwindet bei der gleichzeitigen Beleuchtung der Fläche mit einer gutbrennenden Lampe, und auch der Lampenschatten selbst verschwindet, wenn man die Fläche von der Sonne bescheinen lässt.

Innerhalb gewisser mittlerer Grade der Lichtstärke ist das Auge für eine Veränderung der Helligkeit am empfindlichsten, und zwar zeigt sich innerhalb dieser Grenzen eine ziemliche Constanz für die Grösse der Empfindlichkeit, für welche nach E. H. WEBER bei allen Sinnen als Maass der kleinste durch Empfindung noch wahrnehmbare Empfindungszuwachs dient; letztere ist im Allgemeinen der Grösse des schon vorhandenen Reizzustandes proportional, grösser dieser Reizzustand im Augenblick schon ist, um so mehr muss der Reiz verstärkt werden, um noch einen Empfindungszuwachs zu veranlassen. Die Grenzen der höchsten Empfindlichkeit des Auges beginnen etwa bei der Dämmerung, bei welcher man ohne Schwierigkeit lesen kann, und reichen bis zur Helligkeit einer von directem Sonnenlicht getroffenen weissen Fläche. Die photometrischen Messungen haben ergeben, dass in Wahrheit innerhalb dieser Grenzen die Differenzen der Helligkeit, welche noch unterschieden werden konnten, nahezu den gleichen Bruchtheil der ganzen Helligkeit bildeten, etwa (FECHNER'S psychophysisches Gesetz).

Zur Bestimmung dieser Differenz beleuchtete FECHNER eine weisse Tafel mit zwei gleichen Kerzenflammen, vor der Tafel stand ein Stab, der nun zwei Schatten auf dieselbe warf. Das eine Licht wurde dann soweit abgerückt, bis der entsprechende Schatten aufhörte sichtbar zu sein. Ist  $a$  der Abstand des näheren Lichtes von der Tafel,  $b$  der Abstand des entfernteren, verhält sich die Beleuchtungsstärke der Tafel durch beide Lichter etwa wie  $a^2 : b^2$ . BOUGER fand das eine Licht etwa 8mal, FECHNER, dass es etwa 40 mal so weit als das andere entfernt sein müsse, damit der Schatten verschwinde, so dass BOUGER also  $\frac{1}{64}$  der Lichtstärke, FECHNER gegen  $\frac{1}{100}$  noch unterscheiden konnte. Bei Bewegung des Lichtes konnte ARAGO noch Unter-

schiede bis zu  $\frac{1}{131}$  beobachten, bei schwachem Gesicht sind die Unterschiede  $\frac{1}{131}$  Oberhalb und unterhalb der oben angegebenen Grenzen gelten die angegebenen Werthe. Bei sehr schwacher Beleuchtung mischt sich nach FECHNER das •Eigenlicht der Netzhaut störend ein, bei sehr grellem Lichte beginnt das Organ zu leiden.

Namentlich auf die Thatsache, dass innerhalb weiter Grenzen die kleinsten wahrnehmbaren Differenzen der Lichtempfindung konstanten Bruchtheilen der Helligkeit entsprechen, hat FECHNER sein psychophysisches Gesetz: die Empfindung nimmt proportional dem Logarithmus der Reizgrösse zu, gegründet, welches sich auch in anderen Gebieten der Empfindung, z. B. bei Bestimmung der noch wahrnehmbaren Differenzen der Tonhöhen oder der Differenzen zwischen Gewichten bestätigt. Die Empfindungsstärke wird gemessen durch die gleich deutlich wahrnehmbare Unterschiede  $dE$  der Empfindungsstärke  $E$  als  $\frac{dE}{E}$  angesehen. Dann ist innerhalb weiter Grenzen der Helligkeit  $H$  nahobin  $\frac{dE}{E} = A \frac{dH}{H}$  eine Konstante ist; durch Integration bekommen wir:  $E = A \log H + C$ , wo  $C$  eine Konstante ist. Nach HELMHOLTZ ist die Annahme, dass  $A$  konstant ist, doch nur unrichtig.

**Das Unterscheidungsvermögen für Farbentöne** ist ebenfalls bei mittleren Intensitäten am feinsten, sowohl bei sehr geringer als bei sehr grosser Lichtintensität ist die Farbenempfindlichkeit der Netzhaut geringer. PURKINJE bemerkt, dass Blau bei schwächstem Lichte gesehen wird, Roth erst bei starker Intensität. Nach der FECHNER'schen Bezeichnung liegt die Reizschwelle für Roth höher als für Blau. Bei abnehmender Beleuchtung ändern die betrachteten Farben (ACBERT zunächst Farbenton und Farbennuance, Zinnober wird dunkel, Orange dunkel und rein roth, Grün und Hellblau sehen ganz gleich aus) schwindet die Empfindung der Farbe gänzlich und es bleibt nur das Gefühl der Lichtdifferenzen übrig. Bei steigender Lichtstärke verändert sich der Helligkeitsgrad der einfachen Farben in der Weise, dass sie sich gleichsam mit Gelb zu mischen scheinen. Roth und Grün gehen direct in Gelb über, Blau wird, wie es bei Zumischung von Gelb der Fall sein würde, weisslich. In Beziehung auf Helligkeit behaupten im Allgemeinen bei grosser Beleuchtungsstärke die weissen brechbaren rothen und gelben Farben, bei geringer Beleuchtungsstärke die weissen brechbaren blauen und violetten Farben das Uebergewicht. Daher ruft die sonniger Beleuchtung der goldige, rothgelbe Glanz der Landschaft, während an trüben Tagen in graublaue Farben hüllt. Bei Einbruch der Nacht erscheinen die rothe und blaue Farben, welche bei Tageslicht gleich hell ausgesehen, ungleich hell, und zwar erscheint das Roth schon ganz schwarz, wenn das Blau auch des Himmels, noch deutlich erscheint. Aus dem oben über die Helligkeitswahrnehmung Gesagten ergibt sich, dass die Farbenunterscheidung abnimmt mit der Grösse der verglichenen farbigen Felder im Gesichtsfelde. HUNTER

**Die Farbe des Tageslichtes.** — Die relative Unempfindlichkeit unserer Netzhaut für Roth scheint z. Thl. daher zu rühren, dass das Tageslicht nicht wirklich weiss ist, sondern dass wie die Experimente nachweisen, in ihm die rothen Strahlen überwiegen. Wenn diese Färbung nicht, unsere Netzhaut wird daher durch die fortgesetzte schwache Beleuchtung der rothempfindenden Elemente gegen Roth etwas abgestumpft, das Gleiche in dem Grade bewirkt die Rothfärbung der Retina durch Schpurpur, so wie wir bei längerem Gebrauch einer schwachblauen Brille die dadurch veränderte Färbung der Seheindrücke mehr bemerken. Die Beleuchtung durch Gas, Kerzenlicht, Oel oder Petroleum macht uns bald weiss, wenn wir das Licht nicht mit wirklich weissem vergleichen können.

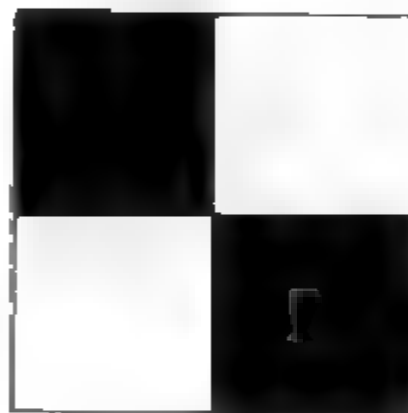
in Wahrheit von gelboranger Farbe ist. Wirklich weiss ist nur das electrische Kohlenpulver. Das electrische Licht hebt nicht nur die Sehschärfe in allen Verhältnissen gegenüber dem Tageslicht, es bessert auch fast immer den Farbensinn gegenüber dem Tageslicht und zwar die Empfindung für alle Farben in etwas (aber wenig) verschiedenem Grade (COW). Magnesiumlicht ist bläulichviolett (BÄCKSTRÖM, MEMMERT). Auch das diffuse, durch die Sclerotica einfallende Licht ist roth; indem es trübe Medien durchsetzt, verliert es nämlich die kurzwelligen Strahlen, welche auch noch durch das Retinalpigment und den Sauerstoff der zahlreichen Blutgefässe auf diesem Wege weiter absorbiert werden. Hier ist an den Einfluss des Retinalpigments und der Netzhautkapillaren zu erinnern, nach welchem das Roth des Tageslichtes vorwiegend als ein subjectives Phänomen erscheint. Auch die Erscheinung des gelben Flecks und ihre Folgen für die Farbenempfindung muss hier wieder erwähnt werden (a. a. O.).

**Irradiation.** — Die Erscheinungen, welche man unter diesem Namen zusammenfasst, lassen sich nach HELMHOLTZ daraus ableiten, dass die Empfindungsstärke der Lichtstärke nicht proportional ist. Diese Erscheinungen zeigen das Gemeinsame, dass helle, stark beleuchtete Gegenstände grösser erscheinen als sie wirklich sind, umgekehrt benachbarte dunkle Flächen um so kleiner.

Fig. 222.



Fig. 223.



Am deutlichsten werden die Erscheinungen der Irradiation, wenn das Auge für den beobachteten Gegenstand nicht genau accommodirt ist, doch fehlen sie auch bei schärfster Accommodation nicht ganz. Enge Löcher und Spalten, durch welche Licht einfällt, halten wir stets grösser als sie wirklich sind. Von zwei gleichgrossen Quadraten, von denen das eine auf weissem Grunde, das andere weiss auf schwarzem Grunde liegt, erscheint bei richtiger Accommodation das weisse deutlich grösser als das schwarze (Fig. 222). Nahegelegene Flächen fliessen zusammen; so verschwindet ein feiner Draht, den man zwischen der Sonnenscheibe oder einer hellen Flamme hält; bei Schachbrettmustern, abwechselnd aus hellen und schwarzen Quadraten zusammengesetzt, fliessen die hellen Quadrate an einander, mit denen sie aneinandersitzen, zusammen, scheinen also die schwarzen zu verschwinden (PLATEAU) (Fig. 223). Hierher gehört die Beobachtung VOLKMANN's, dass schwarze Gegenstände auf weissem Grunde ebenso wie weisse auf dunklem Grunde breiter erscheinen, als sie sind. In neuerer Zeit hat man den Namen Irradiation in einigen Fällen auf die Bildung von Streuungskreisen überhaupt übertragen.

**Fortdauernde Netzhautreize.** Wie bei der Nervenreizung überhaupt, so entfällt auch bei der Reizung der Netzhaut der Reizzustand nicht gleichzeitig mit dem Verschwinden des Reizes. Es ist leicht nachzuweisen, dass der Erregungszustand der Netzhaut noch fortdauert, wenn das Licht aufgehört hat, einzuwirken. Jeder Gesichtseindruck hinterlässt



eine kurze Zeit ein subjectives Nachbild. Hinreichend schnell wirkende Lichteindrücke derselben Art üben dieselbe Wirkung auf das Auge aus, wie eine kontinuierliche Beleuchtung; eine im Kreise geschwungene Kohle zeigt den Eindruck eines leuchtenden Kreises hervor. Die Wiederholung des Eindruckes auf die Retina muss so rasch geschehen, dass die Nachwirkung des vergangenen Eindruckes noch nicht merklich nachgelassen hat, wenn der neue beginnt. Eine rasch rotirende schwarze Scheibe, auf welcher an einem Punkt ein weisser Punkt angebracht ist, zeigt anstatt des Punktes einen gleichmässig über die Scheibenfläche verbreiteten Ring, ganz entsprechend dem Feuerring der geschwungenen Kohle. Eine rasch rotirende Scheibe zeigt einen Farbenkreisel, wenn sie in Sektoren von verschiedener Farbe getheilt ist. Die Farbeindrücke folgen sich so rasch, dass der vorausgehende Eindruck verschwunden ist, wenn der folgende einwirkt, dadurch tritt eine Mischung der Farben ein, welche dieselben Resultate liefert wie die Mischung der Grundfarben. Das Thaumatrop und analoge auf dieses Verhalten der Netzhaut baute Instrumente sind aus der Physik und der Kinderstube bekannt.

Die Netzhauterregung kommt in äusserst kurzer Zeit zu Stande, und dauert die Dauer eines electrischen Funkens.

**Netzhautermüdung.** Nach der Einwirkung des Lichtes bleibt der Sehnervenapparat in einem veränderten Zustande zurück. Es dauert der Reiz noch einige Zeit fort, und die gereizte Netzhautstelle zeigt eine verminderte Empfänglichkeit gegen äussere Reize; sie empfindet von aussen ein schwächeres Licht in anderer und zwar schwächerer Weise als es die vorher nicht gereizten Theile der Netzhaut thun, die Empfänglichkeit gegen Reize ist vermindert. Jede genügend starke Lichtreizung hinterlässt ein **Nachbild**. Man nimmt die Nachbilder am leichtesten wahr, wenn man nach Betrachtung heller Gegenstände das Auge schliesst oder auf ein ganz dunkles Gesichtsfeld richtet. Man unterscheidet analog dem Sprachgebrauch bei der graphischen Darstellung positive und negative Nachbilder. Bei den ersten erscheinen hellen Partien des Objectes hell, die dunkeln dunkel, bei den negativen Nachbildern erscheinen dagegen die hellen Objectpartien dunkel, die dunkeln hell. Die Dauer der Nachwirkung der Reizung, also auch die Dauer der Ermüdung ist um so grösser, je stärker das einwirkende Licht gewesen ist und je länger es ermüdet das Auge. Helle Objecte, welche man kurz angeblickt hat, lassen sehr lebendige Nachbilder, deren Helligkeit am grossten ist, wenn die Bestrahlung erst kurze Zeit gedauert hat, bei längerer Bestrahlung nimmt die Stärke des Nachbildes wieder rasch ab. Das positive Nachbild ist um so heller und anhaltender, je grösser die Intensität des einwirkenden Lichtes ist. Hat die Lichtreizung sehr kurze Zeit gewährt, und war sie nicht blendend, so verschwindet das positive Nachbild, wenn man das Gesichtsfeld fortgesetzt dunkel erhält, das positive Nachbild geht in ein negatives über. Blickt man aber während des Bestehens des positiven Nachbildes gegen eine beleuchtete Fläche, so verwandelt sich das positive Nachbild sofort in das negative. Die in der Nachwirkung der Reizung ermüdeten Partien des Sehnervenapparates werden sonach durch eine neue einwirkende Reizung schwächer erregt, sie empfinden die Beleuchtung nicht oder nur schwach, welche die übrigen Netzhautpartien schon



hen Lichtreiz auffassen können. Der Reizzustand lässt also die Netzhaut in der Ermüdung zurück. Während der Dauer der Ermüdung ist die Empfindung neu einfallenden Lichtes in der Weise beeinträchtigt, als wäre die objecte Intensität dieses Lichtes um einen bestimmten Bruchtheil ihrer Grösse verändert.

Die Dauer der Netzhautermüdung, und damit des negativen Nachbildes, wächst mit der Dauer der Bestrahlung; übermässig gesteigerte Bestrahlung, z. B. 40—20 Minuten langes Blicken in die Sonne (RITTER), bringen bleibende Veränderungen der betreffenden Netzhauttheile. Die Ermüdung tritt am Ort des directen Sehens langsamer ein, als an den peripherischen Netzhauttheilen (AUBERT). Des Morgens direct nach dem Erwachen ist der Einfluss der Ermüdung relativ am bedeutendsten (FICK und C. F. MÜLLER), während des ganzen Tages kein Ermüdungsverlust der Netzhauterregbarkeit von etwa 54% eintreten, in den ersten Sekunden beträgt der Verlust schon 70%, später wächst er weit langsamer. Aeusseres Licht von konstanter Stärke, welches längere Zeit ununterbrochen auf die Netzhaut einwirkt, ruft wegen der eintretenden Ermüdung eine immer schwächer und schwächer werdende Erregung der Netzhaut hervor.

Auch von farbigen Objecten entstehen entweder positive oder negative Nachbilder. Das positive Bild zeigt sich im Anfang und während seiner grössten Helligkeit gleich gefärbt wie das Object, das negative Bild ist bei vollständiger Entwicklung complementär zu der Farbe des Objectes gefärbt.

Die positiven farbigen Nachbilder sind am deutlichsten (HELMHOLTZ) nach momentaner Wirkung des Lichteindrucks, vor ihrem Verschwinden wird über sie ein rosenrother Schein ausgelassen, dann treten schwach gefärbte gelblichgraue Farbentöne auf, worauf das Nachbild wieder verschwindet oder in das negative Nachbild übergeht. Negative Nachbilder werden durch längerer Lichteinwirkung deutlicher. Das negative Nachbild von Roth ist blaugrün, von Blau blau, von Grün rosaroth und umgekehrt. Auch hier ist das Auftreten des negativen Bildes eine Ermüdungserscheinung. Hat das Auge roth gesehen, so sind nach der TH. YOUNG'schen Hypothese die rothempfindenden Fasern stark gereizt und im Zustande starker Ermüdung, während die grün- und violetttempfindenden schwach gereizt und wenig ermüdet sind. Von weissem Lichte werden bei diesem Zustande der Netzhaut die noch erregbareren grün- und violetttempfindenden Organe stärker erregt als die ermüdeten, darum weniger erregbaren rothempfindenden, weisses Licht wird also den Eindruck des Blaugrünen, welches Roth Weiss gibt, hervorrufen. Betrachtet man negative Nachbilder farbiger Objecte auf weissem Grund, so verschwinden aus der Farbe des Grundes hauptsächlich diejenigen Bestandtheile, welche den durch das Betrachten des farbigen Objectes ermüdeten Farbenpercipiationsorganen entsprechen. Das Nachbild eines grünen Objectes erscheint auf gelbem Grunde rothgelb, auf blauem Grunde violett. Wenn die Empfindung des Gelb vorwiegend aus der Empfindung von Roth und Grün, die Empfindung des Blau aus der von Grün und Violett zusammengesetzt ist, so wird, wenn die Empfindung des Grün durch Ermüdung verändert wird, die Empfindung des Gelb sich vorwiegend der des Roth, die Empfindung des Blau sich der des Violett nähern. Auch hier, wie bei allen auch den noch unten zu beschreibenden Farbenempfindungen, macht sich bei den Versuchen im Tageslicht die rothe Farbe desselben, combinirt mit der rothen Eigenfarbe der Netzhaut, in den Resultaten bemerklich.

Nach längerer Einwirkung weissen Lichtes zeigt sich die Ermüdung des farbenpercipirenden Organs darin, dass das Weiss farbig erscheint. FECHNER hat eine weisse Fläche bei eintretender Ermüdung des Auges zuerst gelb, dann grau oder blau, dann rothviolett oder roth. Diese Beobachtung spricht im

**Zusammenhalt mit der Farbenempfindungstheorie für eine ungleiche Ermüdungsfähigkeit der farbenpercipirenden Organe.** Dieselbe Erscheinung macht sich geltend in den farbigen Nachbildern weisser Objecte, deren mannigfach wechselnde Folge man als farbiges Abklingen der Nachbilder bezeichnet.

Das Weiss verändert sich auf dunklem Felde nach momentaner Anschauung zuerst schnell in grünliches Blau, dann in Indigoblau, Violett und Rosenroth und graues Orange, womit die Erscheinung meist verschwindet. Nach längerer Einwirkung des weissen Lichtes folgen sich auf dunklem Grunde: Weiss, Blau, Grün, Roth; auf weissem Grunde schliesslich noch Blaugrün und Gelb (FECHNER, HELMHOLTZ). Nach dem Anblick blendenden Lichtes, z. B. der Sonne, schreitet das Abklingen der Farben von dem Rande gegen die Mitte zu vor. Entsprechend der vom Centrum gegen die Peripherie der Netzhaut hin allmählig abnehmenden Lichtwirkung, sind die mittleren Netzhauttheile stärker gereizt, und die einzelnen Phasen des Abklingens verlaufen im Ganzen um so langsamer, je intensiver die Reizung war. Haben wir farbige Objecte momentan betrachtet, so verschwindet im positiven Nachbild zuerst der Eindruck der vorherrschenden Farbe des Objectes, das Nachbild und das weitere Abklingen der Farben wird dann den analogen Erscheinungen bei weissen Objecten ähnlich, namentlich tritt meist die dem Abklingen des weissen Lichtes zugehörige rosenrothe Farbe des Nachbildes deutlich auf. Grün gibt direct ein rosaroths Nachbild, das dem des abklingenden Weiss entspricht. Grünliches Blau geht durch Blau und Violett in Rosenroth über, Blau durch Violett.

**Kontrast.** — Auf der Bildung von negativen oder positiven Nachbildern beruht auch ein grosser Antheil derjenigen Erscheinungen, welche man unter der Bezeichnung Kontrast zusammenfasst. Nicht nur die n a c h e i n a n d e r, sondern auch die im Gesichtsfelde n e b e n e i n a n d e r gleichzeitig gesehenen Farben und Helligkeiten üben in der Farbenempfindung einen Einfluss auf einander aus. Im Allgemeinen erscheint jeder Theil des Gesichtsfeldes neben einem helleren dunkler, neben einem dunkleren heller, und eine Farbe, neben einer anderen gesehen, nähert sich mehr oder weniger der Kontrastfarbe der letzteren an. CHEVREUL unterschied zuerst unter dem Namen s i m u l t a n e r Kontrast diese Erscheinungen von denen des s u c c e s s i v e n Kontrastes, wo, wie wir oben betrachteten, zwei Farben nach einander auf derselben Netzhautstelle erscheinen. HELMHOLTZ macht darauf aufmerksam, dass der successive Kontrast, der durch Nachbilder erzeugt wird, auch dann eine grosse Rolle spielt, wenn man farbige Felder, die neben einander im Gesichtsfelde stehen, mit einander vergleicht, da wir bei bequemem Gebrauche unserer Augen den Fixationspunkt nicht unverrückt festhalten, sondern unwillkürlich beständig langsam über die verschiedenen Theile des betrachteten Objectes hinwandern lassen. Eine nur 40—20 Secunden andauernde Fixation greift das Auge sehr bedeutend an, es entwickeln sich scharf gezeichnete negative Nachbilder der gesehenen Objecte, die, so lange die Fixation fortgesetzt wird, mit den Objecten zusammenfallen und diese deshalb schnell undeutlich werden lassen. Nur wenn für einen Ausschluss der Nachbilder gesorgt ist, erhalten wir die Erscheinungen des simultanen Kontrastes rein, in Folge dessen wir im Allgemeinen die zwischen den neben einander stehenden, allein eine genauere Vergleichung zulassenden Farben oder Helligkeiten bestehenden Unterschiede zu überschätzen geneigt sind. Je näher die Farben- oder Lichtunterschiede neben einander stehen, desto schärfer gelingt daher ihre Unterscheidung. Unter den Kontrastwirkungen haben am frühesten und stärksten die sogenannten farbigen Schatten die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Lässt man z. B. ein horizontal liegendes Blatt weisses Papier von entgegengesetzten Seiten her gleichzeitig mit abgeschwächtem Tageslicht, z. B. Licht von stark bewölktem Himmel oder Mondlicht und mit Kerzenlicht, beleuchten und stellt auf das Papier einen Stab (Bleistift, Finger), so wirft derselbe nun zwei Schatten. Der Schatten des Tageslichtes erscheint beleuchtet von dem rothgelben Kerzenlichte, in seiner objectiven Farbe Rothgelb, der Schatten des Körperlichtes wird von dem weissen Tageslichte beleuchtet, er ist ob-

activ also weiss, erscheint aber blau, komplementär zu der Farbe des untergestellten Papiers, welche ein weissliches Rothgelb ist, da es gleichzeitig von weissem und rothgelbem Lichte erschienen wird (Abbé MAZEAS). LEONARDO DA VINCI waren die Kontrasterscheinungen grossen-theils bekannt. Er spricht ihr oben angedeutetes Gesetz in der Weise aus, dass unter allen Farben von gleicher Vollkommenheit jene die schönsten seien, welche neben den entgegengesetzten stehen, also Weiss neben Schwarz, Blau neben Gelb, Roth neben Grün. Setzt man im Allgemeinen die Kontrastfarben nebeneinander, so erhöhen sie gegenseitig ihren Eindruck, sie geben also die glänzendsten Farbenzusammenstellungen.

### Subjective Erscheinungen

wurden schon oben S. 856 mehrfach erwähnt und beschrieben, z. B. das Sichtbarwerden des selben Flecks und der Netzhautgrube. Letztere zeichnet sich bei blauer Beleuchtung als Ring ab: LÖWE'scher Ring, er entspricht dem mittleren intensiv gefärbten Theil des gelben Flecks, und es scheint das gelbe Pigment direct seine Entstehung zu veranlassen. In den selben Fleck verlegt HELMHOLTZ die von HAIDINGER entdeckte büschelförmige Figur, die sogenannten Polarisationsbüschel. Sie kommen zur Erscheinung, wenn man das Auge auf eine Fläche richtet, von welcher polarisirtes Licht ausgeht, z. B. wenn man durch ein Nikol gegen eine gut beleuchtete weisse Fläche, z. B. Wolke blickt. Von den verschiedenen homogenen Farben zeigt nur das Blau die Polarisationsbüschel. HELMHOLTZ beschreibt sie, wenn die Polarisationsebene des Lichtes vertikal ist, auf weissem Felde als hellere, durch zwei zusammengehörige Hyperbeln begrenzte bläuliche Flecke, durch einen dunklen, gelblich gefärbten Büschel getrennt. Die Ursache für diese Büschel sind nicht die von VALENTIN nachgewiesenen doppelbrechenden Eigenschaften der Augenmedien, die Erscheinungen erklären sich nach HELMHOLTZ durch die Annahme, dass die gelbgefärbten Elemente des gelben Flecks schwach doppelbrechend sind, und dass der ausserordentliche Strahl von blauer Farbe in ihnen stärker absorbirt wird als der ordentliche Strahl. Die analoge Eigenschaft ist unter den gefärbten, doppelbrechenden Körpern sehr verbreitet. — Helle bewegliche Punkte erscheinen im Gesichtsfelde, wenn man namentlich bei angestrengtem Gehen oder bei anderen Muskelbewegungen eine grosse gleichmässig erleuchtete Fläche, z. B. den Himmel oder Schneefelder, starr ansieht. J. MÜLLER und Andere haben sie für die Wahrnehmung der Blutkörperchen in den Netzhautgefässen genommen (S. 856), deren Grösse hinreichen würde, um eine Gesichtswahrnehmung zu veranlassen. PURKINJE sah unter analogen Bedingungen wiederholt in der Mitte des Gesichtsfeldes lichte Punkte aufspringen, die, ohne ihre Stelle zu ändern, rasch in schwarze Punkte übergehen, die ebenso schnell wieder verschwinden. Andere subjective, noch unerklärte optische Wahrnehmungen werden namentlich von PURKINJE berichtet, sie sind wahrscheinlich zum Theil nur individueller Natur.

## IV. Gesichtswahrnehmungen.

### Die Augenbewegungen.

Die Empfindungen, welche in unserem Sehorgane durch die Einwirkung des Lichtes hervorgerufen werden, benutzen wir in Verbindung mit einigen anderen Sinneseindrücken, namentlich mit gewissen Muskelgefühlen, um uns eine Vorstellung über die Existenz, die Form und die Lage äusserer Objecte zu bilden. Wir müssen die Eigenthümlichkeiten der Netzhautbilder, der Muskelgefühle etc. untersuchen, an welche die Vorstellungen, die wir als Gesichtswahrnehmungen

wahrnehmungen bezeichnen, normal geknüpft sind. Namentlich bei der Bildung der optischen Raumvorstellungen sind die Augenbewegungen von überwiegender Bedeutung, denen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit zuwenden werden.

**Drehpunkt.** Das Auge bewegt sich auf einem in die festen Wände der Augenhöhle eingeschlossenen Polster von organischem Gewebe wie ein kugeliges Gelenkkopf in seiner Pfanne. Die Gesetze derartiger Bewegungen haben wir bei der Besprechung der Gelenke kennen gelernt (S. 667). Die wesentlichen Augenbewegungen sind Drehungen um einen fixen Mittelpunkt.

DONDERS u. A. haben zahlreiche Messungen über die Lage des Drehpunktes im Auge angestellt. Er fällt nicht genau mit der Mitte der Sehaxe zusammen, sondern liegt bei emmetropischen Augen etwa 4,77 mm hinter derselben. Die Lage des Drehpunktes wird hauptsächlich durch die Form der hinteren Augenhälfte bestimmt. Bei kurzsichtigen Augen liegt, da sie in ihrem hinteren Abschnitt verlängert sind, der Drehpunkt weiter nach hinten als bei emmetropischen. Bei den kürzeren hypermetropischen Augen rückt dagegen der Drehpunkt etwas weiter nach vorne.

Die Bestimmung des Drehpunktes wurde von DONDERS in der Art ausgeführt, dass zuerst der horizontale Durchmesser der Hornhaut mit dem Ophthalmometer gemessen, und die Lage der Gesichtslinie gegen die Hornhautaxe bestimmt wurde. Dann wurde ein feiner senkrechter Faden unmittelbar vor dem Auge ausgespannt, und beobachtet, wie weit das Auge nach rechts und links blicken musste, damit bald der eine, bald der andere Rand der Hornhaut hinter den Faden trat. Aus diesem Winkel und der bekannten Breite der Drehung lässt sich die Lage des Drehpunktes berechnen (HELMHOLTZ).

Die organischen Gewebe, welche das Polster des Auges in der Augenhöhle bilden, sind an sich nicht zusammendrückbar. Das Volum des Polsters könnte rasch wohl nur durch veränderte Blutfülle wechseln, worauf Ortsverrückungen des gesamten Augapfels, namentlich nach vorn oder rückwärts, beruhen könnten. Auf der Entleerung des Blutes beruht das Einsinken des Auges in die Augenhöhle nach dem Tode, oder bei starken krankhaften Wasserverlusten, die analoge Erscheinung nach erschöpfenden Leiden wird zum Theil auch durch den Schwund des Augenfeltpolsters bedingt. FICK und MÜLLER wollen bei forcirter Oeffnung der Augenlider ein Hervortreten des Auges aus der Orbita, etwa um 4 mm, beobachtet haben.

**Angendrehungen.** Die Drehung des Augapfels könnte vermöge seiner Befestigung um jede beliebige Axe stattfinden, wozu auch die nöthigen Muskeln vorhanden wären. Die Grösse dieser Drehung kann jedoch niemals einen bestimmten Grad übersteigen, da die Augenbewegungen durch die Anheftungsweise der Antagonisten und den Widerstand des Opticusstammes gehemmt werden. Andererseits werden bei den gewöhnlichen Umständen des normalen Sehens durchaus nicht alle möglichen Bewegungen wirklich ausgeführt.

Für die Bewegungen des Auges (HELMHOLTZ) bildet der Drehpunkt den festen Punkt. Beide Augen fixiren bei normalem Sehen ein und denselben äusseren Punkt: Fixationspunkt oder für unsere gegenwärtigen Betrachtungen nach HELMHOLTZ Blickpunkt. Die gerade Linie, welche den Blickpunkt mit dem Drehpunkt verbindet, heisst Blicklinie, sie fällt annähernd mit der Gesichtslinie zusammen. Eine durch beide Blicklinien gelegte Ebene heisst Blickebene. Die Verbindungslinie der Drehpunkte, welche mit den beiden im Blickpunkt zusammenlaufenden Blicklinien ein Dreieck einschliesst,

rd als Grundlinie bezeichnet. Die Medianebene des Kopfes, welche den Kopf in zwei symmetrische Hälften theilt, schneidet die Grundlinie in ihrem Mittelpunkt und die Blickebene in der Medianlinie der Blickebene. Der Drehpunkt kann gehoben und gesenkt, d. h. stirnwärts oder kinnwärts bewegt werden. Das Feld, welches er zu durchlaufen vermag, welches wir uns als Theil einer Kugeloberfläche, deren Mittelpunkt im Drehpunkt liegt, denken, wird als Blickfeld bezeichnet, es ist weniger ausgedehnt als das Gesichtsfeld. Nehmen wir eine bestimmte Lage der Blickebene als Anfangslage an, so kann jede neue Lage der Blickebene bestimmt werden durch den Winkel, den dieser Winkel der Anfangslage bildet. Der Winkel wird als Erhebungswinkel des Blickes bezeichnet und positiv gerechnet, wenn die Blickebene gehoben, d. h. stirnwärts verschoben wird, dagegen negativ, wenn die Blickebene gesenkt, d. h. kinnwärts verschoben wird. Die Blicklinie jedes Auges kann in der Blickebene lateralwärts oder medianwärts gewendet werden, diese Bewegungen werden Seitenwendung des Blickes genannt, die Grösse derselben wird durch den Seitenwendungswinkel gemessen, d. h. durch den Winkel, welchen die Richtung der Blicklinie mit der Medianlinie der Blickebene bildet. Durch Erhebungswinkel und Seitenwendungswinkel ist die Richtung der Blicklinie bestimmt, nicht aber die Stellung des Auges. Der Augapfel kann noch Drehungen um die Blicklinie ausführen. Bei derartigen Drehungen dreht sich die Iris um die Blicklinie wie ein Rad um die Axe, sie werden daher als Raddrehungen, Augenrollen, bezeichnet. Die Grösse der Raddrehungen kann durch den Winkel gemessen werden, den eine im Auge feststehende Ebene mit der Blickebene macht. Als solche feste Ebene nimmt HELMHOLTZ den Netzhauthorizont an, er fällt mit der Blickebene zusammen, wenn der Blick beider Augen der Medianebene des Kopfes parallel in aufrechter Kopfhaltung nach dem unendlich entfernten Horizont gerichtet ist. Den Winkel, welchen Netzhauthorizont und Blickebene bei den Raddrehungen des Auges mit einander bilden, bezeichnet man als Raddrehungswinkel des Auges, er wird positiv gerechnet, wenn sich das Auge wie der Zeiger einer von ihm betrachteten Uhr gedreht hat, wenn also das obere Ende des vertikalen Netzhautmeridians nach rechts abgewichen ist.

Sind die Blicklinien dauernd parallel, überblickt ein emmetropisches Auge B. eine Reihe weit entfernter Gegenstände, so gehört (DONDER), wenn die Lage der Blicklinie in Beziehung zum Kopf gegeben ist, dazu auch ein bestimmter unveränderlicher Werth der Raddrehung, d. h. der Raddrehungswinkel jedes Auges ist bei parallelen Blicklinien eine Function nur von dem Erhebungswinkel und dem Seitenwendungswinkel (HELMHOLTZ). Die Stellung des Kopfes ist dabei vollkommen gleichgültig.

Das Auge führt seine normalen Bewegungen entweder ohne oder mit Raddrehung aus, reine Raddrehungen kommen normal nicht vor.

Als Primärstellung der Augen wird von den verschiedenen möglichen Augenstellungen diejenige bezeichnet, von der aus der Blick gerade nach oben oder unten, gerade nach rechts oder links gewendet werden kann, ohne dass bei Raddrehungen des Auges erfolgen. Die Primärstellung ist die Ruhelage des Auges bei parallelen Blicklinien und entspricht einer mittleren Lage der



Blickebene, sie muss übrigens bei den betreffenden Beobachtungen für jedes Auge direct bestimmt werden (die Methode cfr. bei HELMHOLTZ a. a. O.).

Aus den oben gegebenen Definitionen ergibt sich, dass der Blickpunkt aus der Primärstellung auf jeden beliebigen Punkt des Blickfeldes ohne Raddrehung eingestellt werden könnte. Der Blickpunkt kann sowohl auf- und abwärts, als lateral- und medianwärts verschoben werden, mit anderen Worten, er kann um seine Queraxe (bei Bewegungen des Auges nach auf- und abwärts) und um seine Höhenaxe (bei den seitlichen Bewegungen des Auges) gedreht werden. Alle schrägen Bewegungen liessen sich ebenfalls um diese beiden Axen ausführen, da sich alle schrägen Bewegungen zurückführen lassen auf eine Rotation, zuerst um die Höhen- und dann um die Queraxe.

Von allen den möglichen Bewegungen werden aber ohne Raddrehung des Auges nur reine Erhebung oder Senkung des Auges ohne Seitenabweichung und reine Seitenabweichung ohne Erhebung oder Senkung ausgeführt. Man bezeichnet die aus diesen Bewegungen hervorgehenden Stellungen des Auges als Secundärstellungen. Als Tertiärstellungen des Auges werden diejenigen bezeichnet, bei denen zu den Drehungen um die Höhen- und Queraxen noch Raddrehungen hinzukommen. Der Raddrehungswinkel wächst nach DONDERs, wie wir sahen, mit dem Erhebungs- und Seitenwendungswinkel, bei extremen Stellungen kann die Drehung mehr als  $40^\circ$  betragen. In erhobener Stellung der Blickebene sind mit Seitenwendungen nach rechts Raddrehungen des Auges nach links, und mit Seitenwendungen nach links Raddrehungen nach rechts verbunden. In gesenkter Stellung der Blickebene dagegen geben Seitenwendungen nach rechts auch Raddrehungen nach rechts und Seitenwendungen nach links Raddrehungen nach links. Mit anderen Worten: Wenn der Erhebungs- und Seitenwendungswinkel dasselbe Vorzeichen haben, ist die Raddrehung negativ, wenn jene ungleichen Vorzeichen haben, ist die Raddrehung positiv. Bei gleicher Erhebung oder Senkung der Blickebene ist die Raddrehung um so stärker, je grösser die seitliche Abweichung, und bei gleicher Seitenwendung um so stärker, je grösser die Erhebung oder Senkung ist.

LISTING hat das weitere allgemeine Bewegungsgesetz für parallel gerichtete emmetropische Augen aufgestellt, man kann (HELMHOLTZ) das LISTING'sche Gesetz folgendermassen aussprechen: Wenn die Blicklinie aus ihrer Primärstellung übergeführt wird in irgend eine andere Stellung, so ist die Raddrehung des Augapfels in dieser zweiten Stellung eine solche, als wäre letzterer um eine feste Axe gedreht worden, die zur ersten und zweiten Richtung der Blicklinie senkrecht steht.

Bei konvergirenden Sehaxen treten um so grössere Abweichungen von den bei parallelen Sehaxen geltenden Gesetzmässigkeiten der Augen ein, je grösser die Konvergenz wird. Eine allgemeine Formulirung haben die hierher gehörigen Erfahrungen noch nicht gefunden. Nach WUND findet bei den Bewegungen des Auges zu Tertiärstellungen ein Axenwechsel statt, so dass die Sehaxe leicht gekrümmte Bogenlinien beschreibt.

Das LISTING'sche Gesetz entspricht dem HELMHOLTZ'schen Principe der leichtesten Orientirung. Mit jeder Abweichung der Blicklinie aus der Primärstellung ist ein fixer Werth der Raddrehung und eine bestimmte Augenstellung verbunden. Bewegen wir also unser Auge in dem Blickfelde hin und her, so bleibt die relative Stellung der peripherischen

stehenden Objecte zu dem gerade fixirten immer dieselbe, sie würde sich ändern müssen, wenn nicht mit jeder Augenstellung eine bestimmte Raddrehung verbunden wäre. Feststehende Objecte nehmen also immer dieselbe relative Stellung zu den nebenstehenden Objecten ein, so oft wir unser Auge darauf richten, wodurch die Orientirung, z. B. ob der Gegenstand fest steht oder sich bewegt, wesentlich erleichtert ist. Bei jeder gegebenen Richtung der Sehaxe und der damit fest verbundenen Raddrehung wird eine senkrechte Linie, die den Fixationspunkt schneidet, sich immer auf demselben Netzhautmeridian abbilden.

Die einfachste Methode, um die Raddrehung des Auges zu erkennen, ist mittelst linearen Nachbilder im Auge, deren Stellung man mit vertikalen und horizontalen Linien an der Wand vergleicht. Man hat zuerst die Primärstellung der Augen aufzusuchen. Bei den Terzstellungen ändert sich dann, dem oben gegebenen Gesetze entsprechend, die Neigung des Nachbildes zu den feststehenden Linien der Wand.

**Stellung des vertikalen Meridians des Auges bei den verschiedenen Augenstellungen.** — Für den Augenarzt ist die Kenntniss der Stellung des vertikalen Meridians des Auges von besonderer Bedeutung. Obgleich sich das Folgende aus dem Vorstehenden ableiten lässt, soll es hier doch noch einmal gesonderte Darstellung finden.

1. Beim Blick in der horizontalen Medianebene, welche man sich senkrecht zur Angesichtsfläche durch die die beiden Augencentren verbindende Gerade — Grundlinie — denkt, gerade aus, nach links oder nach rechts ist der vertikale Meridian nicht geneigt, sondern behält seine vertikale Stellung bei. Nach MEISSNER ist dies genau nur dann der Fall, wenn die Visirebene  $45^{\circ}$  unter den Horizont geneigt und die Mittellinie senkrecht zur Grundlinie gerichtet ist (Primärstellung).

2. Beim Blick in der vertikalen Medianebene, die in der Mittellinie des Gesichtes auf der genannten horizontalen Medianebene senkrecht steht, gerade aus, nach oben, nach unten, hält sich der vertikale Meridian ebenso wie bei der vorhin betrachteten Augenstellung.

3. Beim Blick diagonal nach links oben sind die vertikalen Meridiane beider Augen parallel nach links geneigt.

4. Beim Blick diagonal nach links unten sind sie analog parallel nach rechts geneigt.

5. Beim Blick diagonal nach rechts oben sind die beiden vertikalen Meridiane der Augen parallel nach rechts geneigt.

6. Beim Blick diagonal nach rechts unten sind sie parallel nach links geneigt.

**Augenmuskeln.** — Wir haben nun noch nach den Muskeln zu fragen, welche für jede oben genannten Stellungen zur Verwendung kommen (Fig. 224). Die Muskelebene des Rectus externus (Abducens) und des Rectus internus fällt so ziemlich mit der Aequatorialebene des Bulbus zusammen. Die Rotation kann also, da sie um die Vertikalaxe des Bulbus erfolgt, die Neigung des Meridians beim Blick nach aussen und innen erfolgen. Bei den diagonalen Augenstellungen ist der Abducens und zwar bei denen nach aussen und oben und nach unten und unten mitbetheiligt. Der Rectus internus bei der Stellung nach oben und innen, und nach unten und aussen; bei diesen Stellungen theiligen sie sich auch an der normalen Meridianneigung, so dass bei Ausfall ihrer Wirkungen, z. B. bei Lähmungen des einen oder anderen derselben, der Meridian in dem betroffenen Auge falsch geneigt wird, was zur Diagnose der Ursachen der Motilitätsstörungen der Augen vorzugsweise benutzt wird.

Die Muskelebene des Recti superior und inferior ist von vorn und aussen nach hinten und innen gegen den vertikalen Meridian geneigt; also fällt auch die Drehungsaxe nicht mit dem Querdurchmesser des Auges zusammen, sondern ist schief gegen ihn geneigt. Der Rectus superior rollt nach oben und innen und neigt dabei den Meridian nach innen. Der Rectus inferior rollt nach oben und innen und neigt den Meridian nach aussen. Beim Blick nach unten sind ihre Drehbewegungen auf den Bulbus am deutlichsten, beim Stand der Cornea nach innen ihre Wirkungen auf den Meridian.

Bei dem Obliquus superior (Trochlearis) und Obliq. inferior ist die Muskel-ebene so gegen den horizontalen Meridian geneigt, dass das innere Ende nach vorn, das äussere nach hinten von ihm gelegen ist. Der Obliquus superior dreht die Cornea nach unten und aussen und neigt den vertikalen Meridian nach innen; der Obl. inferior dreht die Cornea nach oben und aussen und neigt den Meridian auch nach aussen. Den Haupteinfluss auf die Drehung der Cornea besitzen sie bei deren Stellung nach innen, hier wird der Ausfall ihrer Wirkungen am deutlichsten. Den Meridian neigen sie am stärksten bei der Stellung nach aussen.

RÜETE und FICK haben ohngefähr in der Primärstellung des Auges die Winkel gemessen, welche die Drehaxe der Augenmuskeln bildet mit der Sehaxe, Queraxe und Höhenaxe des Auges, wodurch die Lage der Drehaxe vollkommen bestimmt ist. FICK gibt folgende Tabelle:

Muskel:	Winkel, den die Drehaxe bildet mit der		
	Sehaxe:	Höhenaxe:	Queraxe:
Rectus superior. . . .	144° 24'	108° 22'	154° 40'
- inferior . . . .	68 37	144 28	37 49
- externus . . . .	96 45	9 45	95 27
- internus . . . .	85 4	173 43	94 28
Obliquus superior . . .	150 46	90	60 46
- inferior . . . .	29 24	90	149 44

Es fallen also auch nach diesen Beobachtungen die Drehaxen des Rectus externus und internus ziemlich genau mit der Höhenaxe zusammen. Die beiden Obliqui liegen hier genau in der Horizontalebene.

Beim Blick gerade aus sind alle Muskeln im Gleichgewicht, dabei überwiegen die R. interni etwas vermöge ihrer stärkeren Entwicklung, so dass sich die Sehaxen etwa in einer Entfernung von 2,5—3,75 m schneiden, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick horizontal nach aussen wirkt der R. externus, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick horizontal nach innen wirkt der R. internus, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick vertikal nach oben wirken gemeinsam der R. superior und Obliquus inferior, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick nach unten kommen der R. inferior und Obl. superior zur Wirkung, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick diagonal nach oben und aussen wirken der R. superior, R. externus und der Obl. inferior zusammen. Der letztere ist bezüglich des Meridians in seiner Kraftstellung (vergl. oben), er überwiegt und neigt daher den Meridian nach aussen.

Beim Blick diagonal nach aussen und unten werden der R. inferior, R. externus und Obl. superior benutzt; letzterer überwiegt in Bezug auf die Meridianstellung, so dass der Meridian nach innen geneigt ist.

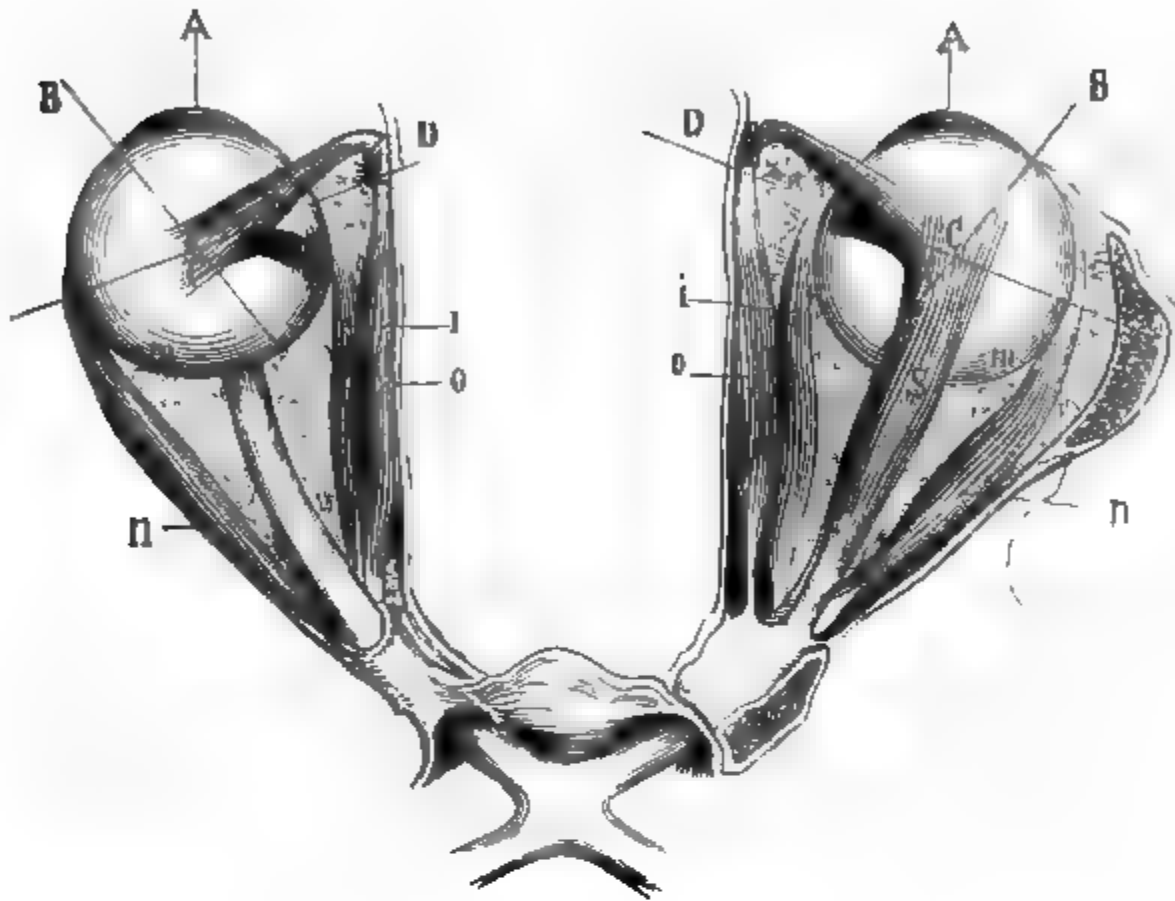
Beim Blick diagonal nach oben und innen wirken der R. superior, R. internus und Obl. superior, die Recti sind in Betreff des Meridians in ihrer Kraftstellung und neigen ihn nach innen.

Beim Blick diagonal nach innen und unten sind der R. inferior, der R. internus und der Obliquus superior betheiligt; der R. inferior überwiegt dabei in Betreff des Meridians und neigt ihn nach aussen.

Bei jeder Augenstellung sind daher bestimmte Augenmuskeln mehr oder weniger aktiv verkürzt, andere dagegen passiv gedehnt, es ist also mit jeder Augenstellung ein bestimmtes Muskelgefühl verbunden, welches die Beurtheilung der Richtung unserer Blicklinie, resp. Sehaxe, wesentlich erleichtert (cf. unten).

Zum Studium der Augenbewegungen dient RUSK's Ophthalmotrop; elastische Bänder stellen an einem doppelten Augenmodell die Muskeln vor, deren Stelle sie genau ein-

Fig. 224.



A. superior; B. internus; C. externus; D. Obliquus superior; E. Augapfel.

nehmen. An einer Scala können ihre Verlängerungen und Verkürzungen abgelesen werden, welche den einzelnen Augenstellungen entsprechen.

Die Augenmuskeln werden von den Nn. Oculomotorius, Abducens und Trochlearis in Thätigkeit versetzt, die beiden letzteren gehen zu den ihnen gleichnamigen Muskeln, in den übrigen verläuft der Oculomotorius. Beide Augen können normal nicht unabhängig von einander bewegt werden, wir sind z. B. nicht im Stande, mit dem einen Auge aufwärts und gleichzeitig mit dem anderen abwärts zu blicken. Auch wenn das eine Auge zum Sehen nichts beiträgt, wenn wir es z. B. verdecken, oder wenn es erblindet ist, so macht es doch Bewegungen des andern mit. Bei den normalen Augenbewegungen liegen also beide Blicklinien immer in derselben Ebene, sie haben bei aufrechter Stellung des Kopfes stets dieselbe Neigung gegen den Horizont. Nach vorn können die Blicklinien nicht oder nur in sehr geringem Grade divergiren, dagegen können sie in einem beinahe beliebigen Grade konvergiren. Ursache für diesen Zusammenhang zwischen den Augenbewegungen wurden von J. MÜLLER angeborene Einrichtungen angenommen, E. HERING stellte dafür sein Gesetz der Gleichzeitigkeit der Innervation beider Augen auf. Man rechnet die Erscheinungen der gemeinsamen Innervation der Augenmuskeln unter die Klasse der sogenannten Mitbewegungen. ADAMÜCK zeigte, dass wirklich anatomisch eine gewisse Verknüpfung der nervösen Centralorgane für die Augenbewegung existirt. Die beiderseitigen Augenmuskeln haben gemeinsame motorische Centren in den vorderen Vierhügeln und dem Boden der Sylvianischen Wasserleitung. Auf Reizung eines vorderen Vierhügels treten immer gleichzeitig an beiden Augen bestimmte vorherzusagende Bewegungen ein, bei länger fortgesetzter Reizung wendet sich endlich auch der Kopf in demselben Sinne. Trennt man die vorderen Vierhügel durch einen tiefen Schnitt von einander, so sind nun die auf Reizung jeder derselben eintretenden Augenbewegungen auf das Auge der gereizten Seite beschränkt.

hinnein Hauptbeins. Wird er aber schief nach rechts und oben gerichtet, so wird wie das Auge, um eine von oben rechts nach unten links gehende Axe, so dass die rechte Seite des Kopfes höher zu stehen kommt als die linke. Beim Blick nach unten muss die rechte Seite des Kopfes tiefer zu stehen.

### Das monokulare Gesichtsfeld.

Bei dem gewöhnlichen Gebrauche unserer Augen betrachten wir mit beiden Augen zugleich die Gesichtsobjecte und lassen zur Beurtheilung derselben auch Bewegungen der Augen, des Kopfes und wohl auch des Körpers hinzutreten. Es erwachsen aus dieser Vereinigung für uns vermuthlich wesentliche Vortheile, aber auch schon mit Benutzung eines Auges können wir uns bis zu einem gewissen Grade richtige Vorstellungen über die wirklichen Verhältnisse sichtbarer Dinge der Aussenwelt bilden. In welcher Weise dies erfolgt, soll zuerst dargelegt werden (nach HELMHOLTZ).

Die Stellung, welche ein leuchtender Punkt zu unserem Auge einnimmt, seine Richtung, ist dadurch zu finden, dass wir von dem Netzhautpunkt eine gerade Linie, Gesichtslinie, durch den Knotenpunkt des Auges ziehen. Wir wissen zunächst, dass der leuchtende Punkt vor dem Auge innerhalb der Gesichtslinie liegen muss \*).

Ohne weitere Unterstützung unserer Wahrnehmung bleibt es uns unbekannt, auf welchem Punkte der durch die Richtung des Objectes bestimmten Linie, also in welcher Entfernung vor dem Auge sich der leuchtende Punkt befindet \*\*). Betrachten wir z. B. weit entfernte Gegenstände, welche uns aus früheren Erfahrungen über ihre Farbe, Form, Grösse u. s. w. Anhaltspunkte zur Deutung unserer Gesichtswahrnehmungen bieten, wie die Gestirne des Himmels, so erscheinen sie uns, obwohl sie in Wahrheit in den drei Dimensionen des Raumes vertheilt sind, nur nach zwei Dimensionen. Eine Dimension, welche nur zwei Dimensionen ausmacht.



ften Anordnung vertheilt wahr. Diese imaginäre flächenhafte Anordnung der gesehenen Objecte wird als Gesichtsfeld bezeichnet.

Auch wenn unser Gesichtssinn, z. B. bei binokularem Sehen uns vollständig treue und richtige Anschauungen über die wahre Vertheilung der Objecte im Raume verschafft, so überzeugen wir uns leicht, wenn wir mit unserem Blick über die Gesichtsobjecte hinstreifen, dass sie auch dann noch in einer Fläche geordnet scheinen; darin liegt der Grund, warum es möglich ist, durch Zeichnungen und Gemälde, die nur eine flächenhafte Ausbreitung besitzen, unserem Auge den Eindruck körperlicher Objecte hervorzurufen.

Da wir die Richtung der einzelnen leuchtenden Punkte zu unserem Auge genau feststellen können, so können wir auch die gegenseitige Ordnung gleichzeitig gesehener Punkte im Gesichtsfelde bestimmen. Erleichtert und vervollkommen wird diese Bestimmung der relativen Lage der Objecte dadurch, dass wir den Blick im Gesichtsfelde schweifen lassen.

Der relativen Lage der Objecte im Gesichtsfelde entspricht eine correspondende relative Lage der durch die Objecte gereizten Netzhautpartien. Die Gleichheit der Orientirung im Gesichtsfelde setzt also die Orientirung auf der Netzhaut voraus. Das Gesichtsfeld ist gleichsam die nach hinten projecirte Netzhaut, jeder Punkt des Gesichtsfeldes entspricht einem bestimmten Punkte der Netzhaut, dessen Erregung sich durch einen irgendwie verschiedenen Zusatz zu der Empfindung von den Erregungen aller anderen Netzhautpartien unterscheidet, wenn auch der Reiz an den verschiedenen gereizten Stellen objectiv der gleiche ist. Man bezeichnet diese die Reizung jedes einzelnen Netzhautpunktes charakterisirende Zugabe zu einer sonstigen Empfindung anderer Netzhautstellen, wie bei dem Tastsinn, als Lokalzeichen.

Das Sehfeld ist mit dem Auge beweglich, wie die Netzhaut, deren subjectives Bild es ist. Jeder Punkt des Gesichtsfeldes hat also seinen correspondenden Punkt auf der Netzhaut, jeder Punkt des Gesichtsfeldes ist in der Empfindung bezeichnet durch das Lokalzeichen, welches der Empfindung der entsprechenden Netzhautstelle angehört. Nachbilder, die in Veränderungen bestimmter Netzhautpartien beruhen, wandern daher mit dem Auge und halten im Gesichtsfelde, so lange sie sichtbar sind, stets die gleiche Stellung ein. Das Gleiche gilt von dauernder Veränderung einer Netzhautstelle, auch der Gefäßsumme der Retinalgefäße, der blinde Fleck projeciren sich daher immer an derselben Stelle des Gesichtsfeldes.

Bei unbewegtem Auge erregen zwei leuchtende im Gesichtsfelde befindliche Punkte zwei verschiedene Netzhautelemente resp. Sehnervenfaser, deren Lokalzeichen der Erregung uns die Bildung zweier verschiedener Empfindungen ermöglicht. Von vorne herein wissen wir ebenso wenig, welcher Stelle der Netzhaut die Lokalzeichen entsprechen, als wo die Sehnervenfaser liegen, welche die Erregung leiten, oder die Ganglienzellen im Gehirn, zu denen die Erregung geleitet wird. Wir haben aber aus täglicher Erfahrung gelernt, wie wir uns selbst oder unsere Hand bewegen müssen, um jeden der leuchtenden Körper zu berühren. Unsere Lokalkenntniss im Gesichtsfelde wird durch derartige Körperbewegungen vermittelt, durch sie lernen wir direct die Lokalzeichen der Empfindung verbinden mit dem Orte im Sehfeld, in den das Object

gehört, welches eine bestimmte Stelle unserer Netzhaut erregt. Das Netzhautbild selbst kommt also bei der Lokalisation im Gesichtsfelde nicht in Betracht, es ist nur das Mittel, die Lichtstrahlen je eines Punktes des Gesichtsfeldes auf je eine Nervenfasern zu concentriren, wir sehen das Netzhautbild selbst nicht. Das ist der Grund, warum uns die Gegenstände, obwohl sie sich verkehrt auf der Netzhaut abbilden, aufrecht erscheinen. Die Stellung des Netzhautbildes könnte also irgendwie beschaffen sein; die wahre Stellung der Objecte wird primär nicht aus dem Netzhautbild, sondern nur aus den Erfahrungen beurtheilt, die wir mittelst unserer Körperbewegungen uns von dem Orte im Raume gebildet haben, von dem aus die bestimmten Lokalzeichen unserer Netzhaut normal hervorgerufen werden. Diese Wahrnehmungen sind also keine reinen Empfindungen, sondern Akte unseres Urtheils.

**Grössenwahrnehmung.** Unser Urtheil über die relative Grösse verschiedenen grosser Objecte, welche gleich weit von dem Auge entfernt sind, beruht theils auf dem Bewusstwerden der verschiedenen Grösse der Augenbewegungen, welche nothwendig sind, um die verschiedenen Punkte ihres Umfangs zu fixiren, theils auf dem verschiedenen Umfang der von ihnen erregten Netzhautpartien (Grösse des Netzhautbildes), die wir direct als verschiedene Grössen im Gesichtsfelde empfinden. Da das Gesichtsfeld für unsere Vorstellung keine bestimmte Grösse hat, so können wir die absolute Grösse eines Gegenstandes nur durch Zuhülfenahme anderweitig, namentlich durch den Tastsinn, gewonnenen Erfahrungen schätzen. Zu der Wahrnehmung der Grösse des Netzhautbildes muss dabei dann noch jedesmal eine Schätzung der Entfernung hinzukommen, da wir durch Erfahrung wissen, dass mit der Entfernung der Umfang des Netzhautbildes, der durch das leuchtende Object erregten Netzhautstelle, resp. der Umfang, den das Object im Gesichtsfeld einnimmt, kleiner wird.

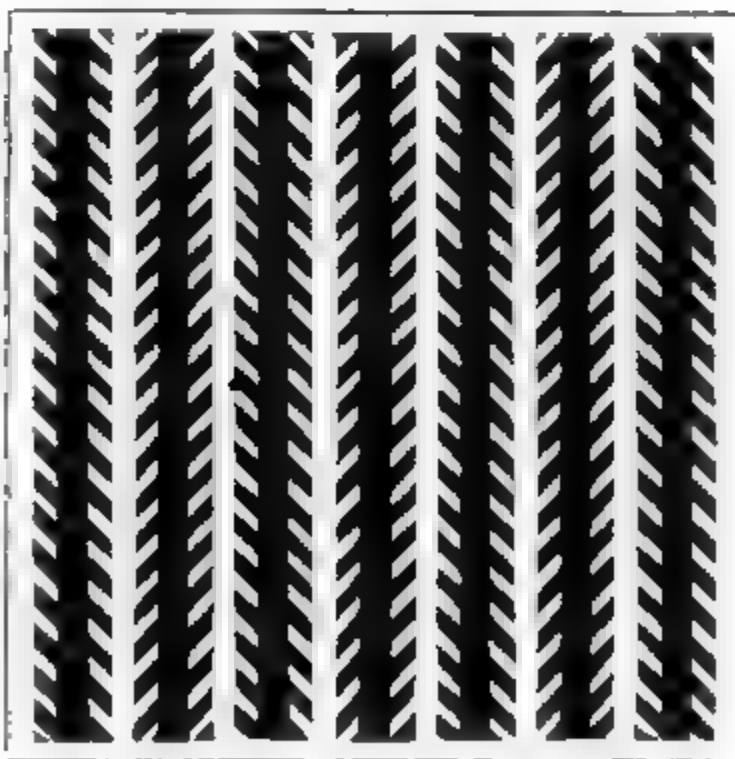
FECHNER und VOLKMANN haben Versuche über die Genauigkeit in der Vergleichung wenig von einander verschiedener Abstände im Gesichtsfeld angestellt. FECHNER stellte die Spitzen eines Zirkels auf verschiedene Entfernungen ein und versuchte, den Spitzen eines zweiten Zirkels nach dem Augenmaasse gleiche Entfernung wie denen des ersten zu geben. VOLKMANN hing drei Fäden, die durch Gewichte gespannt wurden, verschiebbar gegen einander auf, und suchte nach dem Augenmaasse ihre Abstände gleich zu machen, oder er versuchte, feinen, parallelen, durch Mikrometerschrauben beweglichen Silberfäden gleiche Distanzen zu geben. Der mittlere Fehler bei diesen Beobachtungen macht für denselben Beobachter stets nahezu den gleichen Bruchtheil der ganzen verglichenen Länge aus, so dass sich auch in diesen Versuchen die Richtigkeit des FECHNER'schen psychophysischen Gesetzes bewährte, welches lehrt, dass die unterscheidbaren Differenzen der Empfindungsgrössen allgemein der gesammten Grösse des Empfundnen proportional sind. Die Vergleichung horizontaler Längen mit vertikalen zeigt noch ausserdem einen weiteren konstanten Fehler, indem wir vertikale Linien für länger halten als gleich lange horizontale. Auch die Vergleichung zwischen zwei vertikalen Linien fällt ungenauer aus als zwischen zwei horizontalen. VOLKMANN fand bei der letztangegebenen Versuchsmethode den konstanten Fehler in Beurtheilung horizontaler Abstände zu  $\frac{1}{79,1}$ , bei vertikalen stieg er bis auf  $\frac{1}{45,1}$ . Auch bei Vergleichung ungleicher Abstände fand VOLKMANN konstante Fehler, nach welchen die links liegende Distanz immer etwas zu gross gemacht wird im Verhältniss zur rechts liegenden. Mit grosser Schärfe können wir den Parallelismus zweier einfacher Linien beurtheilen, dagegen erscheint in einem richtig gezeichneten, gleichseitigen Dreieck, dessen eine Seite horizontal liegt, der Winkel an der Spitze immer kleiner als der Winkel an der Basis.

Abmessung von Distanzen gelingt auch bei vollkommen ruhender Netzhaut, aber ist ungenauer als mit Zuhilfenahme der Augenbewegungen. Besonders ist dadurch die Vergleichung beeinträchtigt, dass Linien, die auf den peripherischen Theilen des Gesichtsfeldes oder der Netzhaut gerade erscheinen sollen, in Wahrheit gegen den Fixationspunkt convex gekrümmt sein müssen, da gerade Linien hier gekrümmt erscheinen. Um Wahrnehmungen zu machen, müssen andere Objecte zur Orientirung fehlen. Da bei Mangel der Augenbewegungen unser Augenmaass viel weniger sicher ist, so werden bei genauerer Vergleichung zweier Raumgrössen Augenbewegungen benutzt.

**Auf Bewegung eines Objectes** schliessen wir bei unbewegtem Auge daraus, dass dasselbe seine Stellung in dem Gesichtsfelde wechselt, d. h. dass sein Bild auf der Netzhaut seine Lage verändert. Befinden sich gleichzeitig in dem Gesichtsfelde feststehende Objecte, so ist die relative Verschiebung des bewegten Objectes gegen die feststehenden, der eine analoge Verschiebung der Netzhautsbilder entspricht, ein sehr feines Mittel, um auch sehr langsam vor sich gehende Bewegungen wahrzunehmen, die auf einem gleichmässigen Hintergrund nicht unmittelbar wahrgenommen werden können. Fixiren wir dagegen ein unbewegtes Object fortgesetzt und folgen ihm mit unserem Auge, wozu noch Kopf- und Körperdrehungen nothwendig werden können, so ändert das Netzhautbild seine Lage nicht, wir schliessen aber aus dem Bewusstwerden der Fortbewegung der von uns zum Zweck der fortgesetzten Fixation gemachten Bewegungen die Geschwindigkeit der Bewegung des Objectes. Nach den Beobachtungen von Helmholtz scheinen uns schnelle Bewegungen subjectiv verlangsamt, langsamere aber beschleunigt.

**Richtungstäuschungen.** — Um die Richtung gesehener Objecte genau angeben zu können, müssen wir ein genaues Bewusstsein von der Stellung unseres Auges, unseres Kopfes und unseres ganzen Körpers haben. Sowie das Bewusstsein nach einer dieser Richtungen verloren geht, so treten Richtungstäuschungen auf. Verschieben wir das Auge mit dem Finger, während das Gesicht geschlossen ist, wobei eine Aenderung der Augenstellung ohne die Nothwendigkeit einer solchen verbundenen Körperbewegung eintreten kann, so erscheinen die Objecte verschoben. Wenn man eine helle, senkrechte Linie in einem sonst dunklen Raum, z. B. Tageslicht eine Linie auf breiter, vollkommen gleichmässigem Hintergrund, und neigt den Kopf gegen die Horizontale, so erfährt die Linie eine scheinbare Drehung nach der der Kopfentgegengesetzten Richtung. Die scheinbare Drehung der Linie erreicht ihr Maximum bei einer Kopfdrehung von  $45^\circ$ , bei einer Kopfdrehung von  $90^\circ$  erscheint die Linie wieder in der ursprünglichen Richtung. Sobald andere Objecte zur Orientirung benutzt werden können, verschwindet die Täuschung.

Fig. 225.



Die relative Richtung zweier Linien beurtheilen wir falsch, wenn andere dominirende

Linien unser Urtheil stören. Parallele Linien werden scheinbar convergent oder divergent, je nachdem wir schräge Seitenstriche auf sie auffallen lassen (ZÖLLNER) (Fig. 225).

Grössentäuschungen müssen, wie aus dem Obengesagten sich ergibt, immer dann eintreten, wenn wir die Entfernung eines Objectes falsch beurtheilen. Je grösser wir die Entfernung eines Objectes von unserem Auge taxiren, desto grösser scheint es uns. Bei dem Sehen in die Ferne kann, wenn wir die Entfernung falsch beurtheilen, z. B. eine Mücke, die sich nahe an unserem Auge vorbei bewegt, sehr gross erscheinen. Der Mond erscheint uns am Horizont grösser als hoch am Himmel, z. Th. darum, weil der Zenithabstand uns wesentlich kleiner scheint als der Abstand des Horizonts. Die Linie zwischen uns und dem Horizont, auf welcher sich eine Anzahl von Objecten befindet, scheint uns nach demselben Prinzip länger zu sein als die ununterbrochene zum Zenith, nach welchem uns eine Distanz, welche durch mehrere Zwischenpunkte ausgefüllt ist, grösser erscheint, als die gleiche Distanz ohne die Zwischenpunkte. Ein Bergweg scheint uns aus der Ferne steiler anzusteigen als in der Nähe, weil wir aus der Ferne den tiefsten und den höchsten Punkt des Weges einander näher gerückt glauben.

Täuschungen über die Bewegung von Objecten treten dann ein, wenn unser Bewusstsein von dem Feststehen unseres Auges oder Körpers, z. B. während passiver Bewegungen, Fahren etc. gefälscht ist. Die Netzhautbilder gleiten dann über unsere Retina auf scheinbar unbewegtem Auge hin, und es entsteht so der Schein von Bewegung der Objecte im Gesichtsfeld. Bekannt ist das scheinbare Fortrücken der Landschaft in entgegengesetzter Richtung, in welcher die passive Bewegung des Fahrenden stattfindet. Machen unsere Augen unwillkürliche und unbewusste Bewegungen, so scheinen, wie im Schwindel, die gesehenen Objecte zu schwanken. Blickt man längere Zeit von einer Brücke in schnell fließendes Wasser, so bekommt man nach einiger Zeit die Empfindung, als ob man mit der Brücke in entgegengesetzter Richtung wie das nun ruhig scheinende Wasser bewegt würde (cf. S. 339). Dagegen scheint ein sich rasch bewegender Körper, den man durch den electrischen Funken nur momentan beleuchten lässt, zu ruhen, weil in der minimalen Zeitdauer des electrischen Funkens das Retinabild nicht merklich weiter gerückt ist. Auf einem rasch rotirenden Farbenkreisel erblickt man bei der momentanen Beleuchtung mit dem electrischen Funken die Farbensektoren gesondert, ohne dass eine Mischungsempfindung eintritt.

**Ausfüllung des blinden Flecks.** — Das Gesichtsfeld ist, wie wir oben sahen, das Bild der nach aussen projecirten Netzhaut, die Grenzen des Gesichtsfeldes entsprechen den Grenzen der Netzhaut. Die Lücke in den lichtempfindlichen Apparaten der Netzhaut, die Eintrittsstelle des Sehnerven, der sogenannte blinde Fleck des Auges, bedingt auch eine Lücke im Gesichtsfeld. Wir sind für gewöhnlich aber nicht im Stande, diese Lücke im Gesichtsfeld wahrzunehmen. Bei dem Sehen mit beiden Augen wird der Mangel der Empfindung am blinden Fleck des einen Auges durch die statthabenden Empfindungen im anderen Auge, in welchen dem blinden Fleck eine lichtempfindliche Stelle entspricht, wechselweise ausgeglichen. Aber auch, wenn wir mit dem einen, unbewegten Auge das Gesichtsfeld betrachten, so erkennen wir die Lücke nicht. Die auf die Lücke fallenden Objecte des Sehfeldes verschwinden einfach. Eine Linie, deren Ende auf die Lücke im Gesichtsfeld trifft, scheint verkürzt. Heften wir den Blick eines Auges auf eine gleichmässig erhellte und gefärbte Fläche, so erscheint trotz der durch den blinden Fleck bedingten Lücke, die ganze Fläche, also auch der dem blinden Fleck entsprechende Theil derselben, von der Farbe des Grundes. Nach E. H. WERNER, VOLKMANN u. A. füllen wir mittelst der Empfindungen der benachbarten Netzhauttheile die Lücke aus, und zwar so, wie es unserem Urtheil nach am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und wie es unseren Erfahrungen von den Gestalten der Dinge entspricht.

### Richtung des Sehens.

Wir haben erfahren, dass wir die Richtung der Gesichtslinie, die mit der Stellung des Auges gegen den Kopf oder den ganzen Körper wechselt, im Allgemeinen richtig beurtheilen

und daraus richtige Schlüsse auf die Richtung der gesehenen Objecte ziehen können. Es besitzt diese Fähigkeit, wie oben angedeutet, auf dem Muskelgefühl. Wir dürfen uns aber nicht vorstellen, dass wir dabei die Richtung unserer Gesichtslinie nach der wirklichen Stellung des Augapfels oder nach der von der Stellung abhängigen Verlängerung oder Verkürzung der Augenmuskeln beurtheilen. Verlagern wir den Augapfel, z. B. durch den Druck, so glauben wir Bewegungen der Objecte zu sehen, zum Beweise, dass wir uns keine richtige Vorstellung von der stattfindenden Lageveränderung unseres Auges oder von den dabei gleichzeitig hervorgerufenen Muskeldehnungen zu machen im Stande sind. Die Beobachtungen erweisen, dass wir die Richtung der Gesichtslinie nur beurtheilen nach der Willensanstrengung, nach der wir eine Aenderung in der Stellung des Auges hervorzurufen streben. Jedem solchen Willensimpulse entspricht als direct wahrnehmbare Folge eine Lageveränderung der Objecte Sehfeld. In diesen Veränderungen haben wir eine Controle für den Erfolg des Willenseinsatzes, und diese Controle des Erfolgs muss beständig stattfinden, wenn richtige Urtheile über die Richtung der Gesichtslinie und der fixirten Gegenstände gefällt werden sollen. Nach dieser Art eintretende Täuschungen sind für die Auffassung der hier obwaltenden Verhältnisse sehr reich. Hat man sich längere Zeit bemüht, ein bewegtes Object zu fixiren, so stellt sich Schwindel ein, es scheinen dann ruhende Objecte in der entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen. Es beruht diese Scheinbewegung auf einer Fälschung unseres Urtheils über die der Fixirung gehörigen Muskelgefühle. Nach Seite 888 scheinen einem in einem Wagen rasch fahrenden sich die Gegenstände, an denen er vorüberfährt, in entgegengesetzter Richtung als der Wagen zu bewegen. Will der Fahrende einen der Gegenstände am Wege fixiren, so muss er seine Augen rasch der Richtung des Wagens entgegen bewegen. Dadurch gewöhnt sich, die zu diesem Zwecke ausgeübten Willensimpulse als überhaupt für die Fixation eines Objectes nöthig zu halten, und macht die entsprechenden Augenbewegungen nachher unbedacht auch bei der Fixation ruhender Objecte, die dadurch die Scheinbewegung annehmen. Analog ist die Erklärung des Gesichtsschwindels nach Drehbewegungen des Körpers, und das oben angeführte Phänomen, dass ein von einer Brücke aus einem rasch strömenden Fluss längere Zeit Entgegenblickender die Brücke und sich stromaufwärts bewegt zu sehen glaubt.

Auch noch bei dem in Beziehung auf den Sehsinn vollkommen ausgebildeten Auge ist also nur durch ununterbrochene Vergleichung mit den Resultaten der anderweitigen Sinneswahrnehmungen, vor Allem mit denen des Tastsinnes, eine genaue Orientirung vermittelt des Gesichtssinnes möglich. Wir haben es sonach mit keiner etwa angeborenen Fähigkeit zu thun, wenn wir ein gesehenes Object in die Richtung der Gesichtslinie verlegen, wir thun das in Folge einer frühen Erziehung, zu der die Stellung des Netzhautbildes an sich nichts beiträgt. Anders für sich rufen die Gesichtsempfindungen keine Vorstellung von der Richtung des Gesehenen hervor; um solche Vorstellungen zu erzeugen, müssen erst mannigfache Erfahrungen in dem Gebiete anderer Sinneswahrnehmungen hinzutreten. Unstreitig der wichtigste Sinn für die Ausbildung der Raumvorstellung ist der Tastsinn; nach den mit seiner Hülfe gewonnenen Resultaten unserer Erfahrung lernen wir die an sich unräumlichen Netzhautempfindungen deuten. Darin findet die Frage ihre Beantwortung, warum wir die Objecte aufrecht sehen trotz des verkehrten Netzhautbildes, wie wir schon oben diese Beantwortung deuteten (S. 886).

Man hat gewöhnlich die Annahme gemacht, dass jedes Auge die gesehenen Objecte in die Richtung der oben definirten Richtungslinien der beiden Augen verlege. Nach den Beobachtungen Hering's muss diese Annahme wesentlich modificirt werden. Unser natürliches Sehen geschieht mit zwei Augen, und wir lernen unmittelbar aus der Erfahrung nur die Lage kennen, welche die gesehenen Objecte nicht zu einem unserer Augen, sondern zu beiden oder vielmehr zur Mittellinie unseres gesammten Körpers einnehmen. Wir sind durchaus nicht geübt, verschiedenen Richtungen beider Augen von einander zu unterscheiden. Wir meinen nur ein Gesichtsgesamtheit zu sehen, das wir uns in der Mitte zwischen beiden Augen als ein



imaginäres Cyklopenauge denken können. Dieses imaginäre einfache Auge gemeinsamen Fixationspunkt beider Augen gerichtet, seine Raddrehung erfolgt nach demselben Gesetzen wie in den beiden Augen. Denken wir uns dann die Netzhautbilder der wirklichen Augen in das Cyklopenauge übertragen, in der gleichen Anordnung, wie sie sich dort finden, dann werden die Punkte des Netzhautbildes nach demselben Gesetze projectirt in den Richtungslinien des imaginären Cyklopenauges.

In Bezug auf die Lokalisirung der entoptischen und subjectiven Wahrnehmungen gilt das Gesetz, dass jeder Eindruck auf die Netzhaut in denjenigen Gesichtsfeldes verlegt wird, wo ein äusseres Object erscheinen würde, welches diesen Eindruck zu veranlassen wäre, durch sein Licht die entsprechenden Netzhautstellen zu beleuchten.

### Wahrnehmung der Tiefendimension.

Das einzelne Auge belehrt uns zunächst nur über die Richtung, in welcher ein gesehener Punkt liegt (HELMHOLTZ). Zur Schätzung der Entfernung desselben vom Auge besitzt das einzelne Auge direct nur das Gefühl seines Accommodationszustandes. Wenn sich der leuchtende Punkt von der Gesichtslinie, resp. Visirlinie hin- und herbewegt, so kann sich in einem mässigen Accommodationszustand Nichts an der Grösse des Zerstreuungspunktes auf der Netzhaut entworfen wird, verändern. Aber auch diese Schätzung fehlt, wie wir sahen, gänzlich, so lange die Hin- und Herbewegung des betrachteten Punktes innerhalb der Grenzen der CZERNIAK'schen Accommodationslinie vor sich geht.

Es wird, wie wir sahen, durch die Benutzung des einen Auges die Schätzung einer flächenhaften Raumanschauung vermittelt, zur Erkenntniss der dritten Dimension des Raumes ist die Benutzung der beiden Augen von grossem Vortheil.

Im Allgemeinen lassen sich die Hilfsmittel, welche wir zur Beurtheilung der dritten Raumdimension besitzen, eintheilen in Vorstellungen, die wir aus der Erfahrung über die uns schon anderweitig bekannte besondere Beschaffenheit der gesehenen Objecte entnehmen, und in Wahrnehmungen des Abstands, welche sich direct auf Empfindungen beziehen (HELMHOLTZ).

Die Vorstellungen über den Abstand gesehenen Objectes beruhen auf der Benutzung beider Augen zum Sehen, von dem Gefühle einer Accommodationsanstrengung, von Benutzung von Augenbewegungen oder Körperbewegungen vollkommen unabhängig. Zunächst kommen hier unsere Kenntnisse über die Grösse der gesehenen Objecte in Betracht. Je entfernter ein Object ist, desto kleiner, unter desto kleinerem Gesichtswinkel erscheint es. Wir können also aus der wechselnden Grösse des Netzhautbildes, aus dem Gesichtswinkel eines Gegenstandes von bekannter Grösse, z. B. eines Menschen, die Entfernung, in der er sich von uns befindet, nach einiger Uebung schätzen oder nach directer Messung des Gesichtswinkels berechnen, z. B. zu militärischen Zwecken. Bei Objecten, welche, wie Häuser, Bäume, Pflanzen etc. grössere Schwankungen in der Durchschnittsgrösse zeigen (z. B. Mensch oder Hausthiere), gelingt dem entsprechend die Entfernungsschätzung oder Berechnung weniger genau. Ist uns über die wahre Grösse eines

nten Gegenstandes Nichts bekannt, so unterschätzen wir sie meist sehr bedeutend, wie Bewohner der Ebene die Höhe der Berge und die Entfernung innerhalb derselben für weit geringer anschlagen, als sie wirklich sind. Auch Kenntniss der Form der gesehenen Objecte kann zur Schätzung ihrer Entfernung mit beigezogen werden, namentlich dann, wenn zwei Objecte sich in Theil decken, woraus wir schliessen, dass das deckende uns näher liegt als das gedeckte. Kennen wir aus Erfahrung an Körpern eine gewisse Regelmässigkeit, wie z. B. an einem Haus, einem Tisch, Cylinder etc., so genügt das schon, um uns den Eindruck der Körperlichkeit und scheinbares Hervortreten und Zurückweichen der einzelnen Theile desselben hervorzurufen. Dasselbe mag in diesem Falle ein richtiges perspectivisches, namentlich gut schattirtes Bild, während die beste auch photographische Abbildung von Gegenständen, deren Form uns unbekannt ist, uns kaum eine annähernde Anschauung über ihre körperliche Form gewähren kann. Je nach ihrer Neigung gegen die einfallenden Strahlen zeigen die Flächen eines Körpers verschiedenartige Beleuchtung; der Schlagschatten, den er wirft, gibt uns Aufschluss, wie die beschatteten Körper zu ihm gelagert sind. So dient die Beleuchtung auch zur Beurtheilung der Entfernung eines gesehenen Gegenstandes. Für entfernte Gegenstände hilft ausser der eigentlichen Beleuchtung noch die Luftperspective mit. Unter Luftperspective versteht man die Trübung und Farbenveränderung der Bilder ferner Objecte wegen der unvollkommenen Durchsichtigkeit der vor ihnen liegenden Luftschichten. Die Farbenveränderung nimmt mit der Dicke der Luftschicht zwischen dem beobachteten Auge und dem Objecte zu. Sind die fernen Gegenstände dunkler als die vorliegende Luftschicht, wie z. B. ferne Berge, so erscheinen sie blau, sind sie heller, so erscheinen sie wie die untergehende Sonne roth. Die Durchsichtigkeit der Luft ist aber zu verschiedenen Zeiten, an verschiedenen Orten so schwankend, dass sie zahlreiche Urtheilstäuschungen über die Entfernung der gesehenen Objecte hervorruft. Die Klarheit der Luft im Hochgebirge, welche auch relativ ferne Gegenstände scharf gezeichnet und fast ohne Veränderung ihrer Farbe durch Luftperspective erscheinen lässt, betheiligt sich für die Bewohner von Tiefebene, aus dem oben angeführten Grunde, um ihnen die Grössen- und Entfernungsverhältnisse in den Bergen zu klein erscheinen zu lassen; erst fortgesetzte Uebung durch Ersteigung der Berge und durch Wandern in ihren Thälern bringt die richtige Schätzung der Abstände zu Wege. Auch an der oben erwähnten Vergrösserung des Mondes am Horizonte hat die Luftperspective entschieden Theil.

Es ist unzweifelhaft, und bei Kindern ist es durch Beobachtung leicht und daher nachzuweisen, dass wir die Gesetze der Beleuchtung des Schlagschattens, der Lufttrübung, der perspectivischen Darstellung und Deckung verschiedener Körper, die Grösse der Menschen und Thiere etc., die wir zur Beurtheilung der Grössen und Entfernungen benutzen, erst durch Erfahrung kennen gelernt haben und unsere Kenntniss durch Uebung verfeinern. Es liegt also immer der auf diesen Erfahrungen begründeten Anschauungen über die räumlichen und körperlichen Verhältnisse der gesehenen Objecte ein Akt des Urtheils zu Grunde, aber es fehlt uns in den meisten Fällen davon jedes Bewusstsein. Die Associationen der Vorstellungen geschehen nicht bewusst und

nicht willkürlich, sondern ganz analog wie bei den unmittelbaren Wahrnehmungen wie durch eine äussere zwingende Macht, wie durch eine blinde Naturgewalt hervorgerufen, sie geben uns Anschauungen von der räumlichen Anordnung der Körper mit vollkommen sinnlicher Lebhaftigkeit; es ist das von der grössten Wichtigkeit für die allgemeine Beurtheilung unserer scheinbar objectiven Sinneseindrücke (HELMHOLTZ).

Die zweite Klasse der Hilfsmittel, die wir zur Beurtheilung der dritten Raumdimension besitzen, sind wirkliche Wahrnehmungen des Abstandes. Diese beruhen auf dem Gefühl der Accommodationsanstrengung, auf der Benutzung von Bewegungen des Kopfes und des ganzen Körpers bei der Beobachtung, und auf dem gleichzeitigen Gebrauche beider Augen.

Schon oben wurde erwähnt, dass und warum die Accommodationsgefühle in relativ beschränktem Maasse Hilfsmittel zur Beurtheilung der Entfernung abgeben. WUND machte Versuche darüber, indem er mit einem Auge durch die Oeffnung eines feststehenden Schirmes nach einem vertikal ausgespannten Faden hinblickte. Ueber die absolute Entfernung konnten so gut wie keine Angaben gemacht werden. Eine Annäherung des Fadens an das Auge wurde deutlicher erkannt als eine Entfernung desselben, im ersten Falle kam die Zunahme der Accommodationsanstrengung zum Bewusstsein, mit Ermüdung der Accommodation trat wachsende Unsicherheit der Beurtheilung der Wahrnehmungen ein.

Unter all den bisher genannten Mitteln zur Schätzung der Entfernung steht an Sicherheit obenan die Vergleichung der **perspectivischen Bilder** eines Gegenstandes von verschiedenen Standpunkten aus. Eine solche Vergleichung ist sowohl mit einem Auge als mit Benutzung beider Augen ausführbar. Im ersteren Falle beobachten wir die perspectivische Verschiebung beim Fortbewegen des Kopfes und des Körpers; gebrauchen wir beide Augen, so entstehen gleichzeitig zwei perspectivisch verschiedene Bilder von demselben Gegenstande.

Einäugige Personen scheinen sich des Mittels der perspectivischen Verschiebung der Objecte bei Kopf- und Körperbewegungen vorzüglich zu ihrer Beurtheilung der Entfernung zu bedienen. Wenn wir uns vorwärts bewegen, so bleiben seitlich von uns gelegene ruhende Gegenstände hinter uns zurück, sie gleiten in unserem Gesichtsfelde scheinbar in entgegengesetzter Richtung, als je in welcher wir fortschreiten, an uns vorüber. Je näher die Gegenstände sich uns befinden, desto rascher ist diese Scheinbewegung, fernere Gegenstände zeigen sie auch, aber mit zunehmender Entfernung langsamer, sehr entfernte Gegenstände z. B. Sterne behaupten, so lange wir die Richtung unseres Körpers und Kopfes beibehalten, ruhig ihren Platz im Gesichtsfelde. Die scheinbare Geschwindigkeit der Winkelverschiebung der Gegenstände im Gesichtsfelde gestattet, da sie ihrer wahren Entfernung umgekehrt proportional ist, sichere Schlüsse auf die wahre Entfernung. Durch die gegenseitige Verschiebung, welche dabei die verschieden entfernten Gegenstände zeigen, wird uns ihre verschiedene Entfernung direct anschaulich. Die entfernteren Objecte bewegen sich im Vergleich mit den näheren scheinbar in der Bewegungsrichtung des Beobachters vorwärts, die näheren umgekehrt scheinbar rückwärts. Bekanntlich basirt die messende Bestimmung der Fixsternentfernungen (resp. Paral-

) auf derselben scheinbaren Verschiebung, wobei aber die Fortbewegung beobachters nicht durch seine eigenen Körperbewegungen, sondern durch Bewegung der Erde um die Sonne besorgt wird.

Bei binocularem Sehen entwirft jedes Auge ein perspectivisches Bild des gesehenen Gegenstandes. Wegen des verschiedenen Standpunktes, die beiden Augen gegenüber dem Objecte einnehmen, sind diese Bilder von einander verschieden. Die Unterschiede sind dieselben, als ob wir einen Gegenstand sich erst in dem einen Auge hätten abbilden lassen, und hätten dann das Auge fortgerückt um ebensoviel, als die beiden Augen von einander entfernt sind, die Differenzen sind sonach mit den oben geschilderten Veränderungen der Bilder durch perspectivische Verschiebung identisch. Auf diese Weise werden ganz ausserordentlich genaue sinnliche Anschauungen der Entfernung herbeigeführt. Bekanntlich beruht der Eindruck der stereoskopischen Abbildungen (cf. unten) auf diesem Principe.

Die absolute Entfernung eines binokular gesehenen Gegenstandes, wenn andere Momente zur Bestimmung fehlen, auch lediglich mittelst Muskelgefühls ziemlich sicher geschätzt werden, welches die Konvergenz unserer auf den Gegenstand eingestellten Augen hervorruft.

HELMHOLTZ benutzte zu diesen Beobachtungen die sogenannten Tapetenversuche; WUND hat schon früher messende Versuche darüber angestellt. Auf einem schwarzen vertikal und verschiebbar aufgehängten Faden vor einem ebenfalls gleichmässig weissen Grund blickte er durch einen horizontalen, gegen den Faden hin etwas röhrenförmig verlängerten Schlitz mit beiden Augen, so dass er Nichts als einen Theil des Fadens sehen konnte. Die absolute Entfernung wurde immer kleiner geschätzt, als sie wirklich war. Je grösser die Entfernung gesehenen Gegenstände ist, desto mehr sind wir überhaupt geneigt, sie zu unterschätzen. Sehr viel genauer als die absoluten Entfernungen lässt es auf diese Weise Entfernungsänderungen zu erkennen, die noch wahrnehmbaren Änderungen liegen an der Grenze des überhaupt Wahrnehmbaren.

**Stereoskope.** — Von je zwei zusammengehörigen stereoskopischen Bildern, das eine die Ansicht dar, wie sie das rechte, das andere die Ansicht, wie sie das linke Auge vom abgebildeten Objecte bei directer Betrachtung erhalten würde. Die beiden Bilder sind also von etwas verschiedenen Gesichtspunkten aufgenommen, sie dürfen einander nicht gleich sein; verglichen mit den Bildern sehr weit entfernter Objecte, müssen die Bilder der näher liegenden in der Abbildung, welche dem Bilde des rechten Auges entspricht, um etwas weiter nach links, in der dem Bilde des linken Auges entsprechenden Abbildung dagegen etwas weiter nach rechts verschoben sein, je näher die Objecte an den Beschauer herankommen. Legen wir die beiden Abbildungen so auf einander, dass die Bilder unendlich entfernten Punkte sich decken, so werden die Bilder von näher gelegenen um so weiter auseinanderfallen, je näher sie dem Beschauer sind. Diese mit der zunehmenden Annäherung an den Beschauer wachsende Distanz wird als stereoskopische Parallaxe bezeichnet, und ist positiv, wenn die näheren Punkte für das rechte Auge nach links, für das linke nach rechts verschoben zeigen.

Die stereoskopischen Bilder geben uns dieselbe Anschauung der körperlichen Form, wie wir sie bei wirklicher Betrachtung des Gegenstandes selbst erhalten. Für die Betrachtung müssen die Bilder so gleichzeitig vor die beiden Augen gebracht werden, dass beiden die unendlich entfernten Punkte, die die Bilder darstellen, in der gleichen Richtung erscheinen. Man kann die beiden Bilder in der Art rechts und links neben einander, dass ihre zusammen-



gehörigen Punkte etwa um den Abstand der Knotenpunkte der beiden Augen des Beobachters von einander absteigen, und betrachtet sie mit parallel gerichteten Gesichtslinien, mit beiden Augen also in gleicher Richtung, so tritt die stereoskopische Täuschung ein. Wir sehen dann scheinbar drei Bilder, von denen das mittlere, mit beiden Augen gesehene, stereoskopisch erscheint, die seitlichen Bilder, von denen das linke nur mit dem rechten, das rechte nur mit dem linken Auge gesehen wird, erscheinen natürlich eben. Man hat Instrumente ersonnen, um dem Beobachter die Auffindung und Erhaltung der richtigen Augenstellung für das stereoskopische Sehen zu erleichtern, da dasselbe ohne Instrument einige Übung voraussetzt. Für die Erzeugung der körperlichen Anschauung selbst sind diese Instrumente: Stereoskope ohne wesentlichen Vortheil.

Die Unterschiede der beiden Netzhautbilder, welche zur Wahrnehmung der Tiefendimension des Raumes führen, werden mit ausserordentlicher Genauigkeit von dem Auge aufgefasst. Die gewöhnlichen stereoskopischen Photographien zeigen nur bei aufmerkamer Betrachtung der Contouren vorn stehender Gegenstände die charakteristischen Unterschiede. Das Auge kann bei dem stereoskopischen Sehen noch Unterschiede machen, welche sonst kaum mit Anwendung künstlicher Messungsinstrumente aufgefasst werden können, was z. B. in der bekannten Anwendung des Stereoskops zur Unterscheidung täuschend nachgeahmter Banknoten von den echten benutzt wird. Nach den Beobachtungen von HELMHOLTZ geschieht die Vergleichung der Netzhautbilder beider Augen zum Zwecke des stereoskopischen Sehens mit derselben Genauigkeit, mit welchem die kleinsten Abstände (cf. oben) von einem und demselben Auge noch gesehen werden. Mit der zunehmenden Entfernung der Gegenstände nimmt unsere Fähigkeit, die Abstände richtig stereoskopisch zu erkennen, rasch ab, da für die Betrachtung sehr entfernter Gegenstände die menschlichen Augen nicht weit genug von einander absteigen, um zwei merklich verschiedene Netzhautbilder zu erhalten. Vergrössert man die Distanz der Augen künstlich, so erscheint nun auch von entfernten Gegenständen das Relief deutlicher. Zu diesem Zwecke dient das Telestereoskop.

WHEATSTONE war der erste, welcher ein Stereoskop baute. Das Wesentliche an dem Instrumente sind zwei nahe neben einander stehende, unter  $45^\circ$  gegen den Horizont geneigte Spiegel, deren spiegelnde Flächen nach oben gewendet sind. Die beiden Abbildungen, welche stereoskopisch gesehen werden sollen, werden in einiger Entfernung von den Spiegeln, parallel mit der Meridianebene des Kopfes des Beschauers, aufgestellt. Jedes der beiden Augen des Beobachters sieht auf einen der geneigten Spiegel, von denen jeder seine Abbildung der Weise in das entsprechende Auge reflectirt, als läge das Bild senkrecht unter dem Auge.

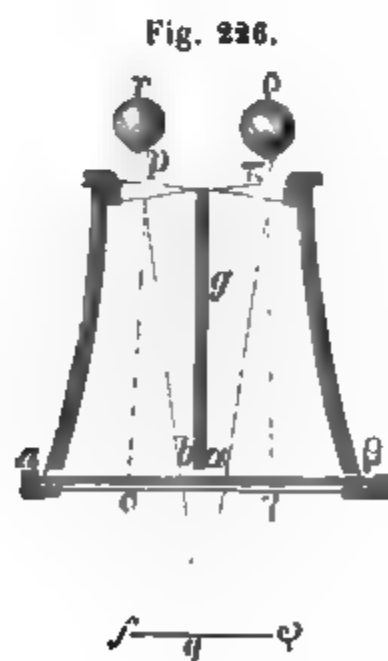


Fig. 226.

Der Eindruck für den Beobachter ist dann so, als sähe er an der betreffenden Stelle nicht die beiden Abbildungen, sondern den räumlich ausgedehnten Gegenstand derselben selbst. Durch die Reflexion im Spiegel wird dabei rechts und links verkehrt, so dass die stereoskopisch zu sehenden Bilder negative Parallax haben müssen. Verbreiteter als das eben genannte Instrument ist das Stereoskop von BROWNE. Es besteht der Hauptsache nach aus zwei Prismen mit convexen Flächen, d. h. den beiden Hälften einer dicken Convexlinse von 0,48 Meter Brennweite, welche die gleiche optische Wirkung haben, als hätte man eine Convexlinse mit einem ebenen Prisma verbunden. Diese Prismen sind mit ihren Schneiden gegen einander gekehrt, je ein Auge blickt durch ein Prisma. Die beiden stereoskopisch zu sehenden Abbildungen befinden sich neben einander auf demselben Blatte. Jedes Auge blickt durch das Prisma auf die für das Auge berechnete Abbildung, während eine Scheidewand jedes Auge hindert, die für das andere bestimmte Abbildung zu sehen. Die senkrecht

von den beiden Abbildungen gegen die Prismen verlaufenden Strahlen werden von diesen so divergent gemacht, als kämen sie von einem gemeinsamen, in der Mitte zwischen beiden



lern etwas weiter als diese entfernten Orte her, für den das Auge sich accommodiren kann. diesem Orte erscheint dann das körperliche Bild. Das Ganze ist compendiös in einen passenden Holzkasten eingeschlossen, in welchen das Licht meist von der Langseite her einfällt, transparente Bilder tritt es von unten (hinten) her durch eine mattgeschliffene Glastafel, welcher die Bilder liegen. Am auffallendsten sind die Wirkungen des Stereoskops bei Zeichnungen, welche Körper, z. B. Krystallgestalten, nur im Umriss darstellen, selbst sehr gewickelte derartige Darstellungen, die ohne Stereoskop kaum verständlich sind, erscheinen seiner Hülfe in deutlich körperlicher Form. Am täuschendsten wirken die photographischen Abbildungen, bei denen zur richtigen Zeichnung auch noch die vollkommen richtige Färbung hinzukommt, welche mit Stift oder Pinsel niemals in dieser Gleichmässigkeit ausgeführt werden kann.

Ueber die Genauigkeit des stereoskopischen Sehens hat Dove ein Beispiel gegeben. Kombiniert man zwei mit demselben Stempel, aber aus verschiedenem Metall geschlagene Medaillen stereoskopisch, so erscheint das körperliche Bild nicht eben, sondern gewölbt und schrägend. Der Grund liegt darin, dass die Metalle nach dem Prägen sich etwas ungleichmässig ausdehnen, wodurch Grössenunterschiede entstehen, die, so gering und bei gewöhnlicher Vergleichung unwahrnehmbar sie sind, doch auf diesem Wege zur Wahrnehmung kommen. Es gehört fast zu den Dingen der Unmöglichkeit, wenn in einer Buchdruckerpresse derselbe Satz von Buchstaben zweimal gesetzt wird, die Abstände der Buchstaben in beiden Absätzen absolut gleich gross zu machen. Kombiniert man daher stereoskopisch z. B. die entsprechenden Blätter aus einer ersten und einer unverändert gedruckten oder nachgedruckten zweiten Auflage, so scheinen einzelne Worte und Buchstaben hinter den anderen zu liegen, während zwei vollkommen gleiche Blätter desselben Drucks eben erscheinen. Doch können in Folge von Unterschieden, veranlasst durch ungleichmässige Befeuchtung oder Zerrung auch ein gewölbtes oder schräg liegendes stereoskopisches Bild geben. Die stereoskopische Unterscheidung falscher von wahren Werthpapieren beruht auf dem gleichen Principe. Es ist unmöglich, die Abstände der Buchstaben in der Copie absolut genau gleich denen im Original zu machen, diese Unterschiede zeigen sich im Stereoskop als Unebenheiten oder Hervortreten einzelner Worte und Buchstaben. Die echten Werthpapiere werden meist mit verschiedenen Druckplatten gedruckt, die jeder einzelnen Platte entsprechenden Drucke liegen, stereoskopisch gesehen, meist in verschiedenen Ebenen, so dass das Stereoskop dadurch Aufschluss geben kann, wie viele Druckplatten zum Druck Verwendung gefunden haben. Die Kontrolle gleicher Maassstäbe auf stereoskopischem Wege stützt sich auf analoge Verhältnisse. Auch von Himmelskörpern, z. B. vom Mond, kann man stereoskopisch zu kombinirende Bilder erhalten. Man photographirt zu diesem Zwecke den Mond in zwei verschiedenen Monaten, Momenten, in denen die Beleuchtung durch die Sonne dieselbe ist. Die geringen Veränderungen seiner Stellung gegen die Erde genügen dann, ihn nicht nur in Kugelgestalt, sondern auch, wenigstens zum Theil, seine Ringgebirge im natürlichen Relief erscheinen zu lassen.

### Wettstreit der Sehfelder.

Sind beide Gesichtsfelder mit so verschiedenartigen Formen gefüllt, dass sie keine stereoskopische Verbindung zu dem Bilde eines Körpers erlauben, so erblickt man nach HELMHOLTZ Allgemeinen beide Bilder gleichzeitig und im Gesichtsfelde einander superponirt. Meist überwiegt in einzelnen Theilen des gemeinsamen Gesichtsfeldes mehr das eine Bild, in anderen mehr das andere, und zwar kann das insofern wechseln, dass da, wo eine Zeit lang ausschliesslich Theile des einen Bildes sichtbar waren, nun Theile des anderen hervortreten und die ersteren verdrängen.

Dieser Wechsel wird als Wettstreit der Sehfelder bezeichnet, er lässt Theile der einen Bilder bald neben, bald nach einander sich gegenseitig verdrängen. HELMHOLTZ gibt an, dass er im Stande sei, willkürlich seine Aufmerksamkeit bald dem einen, bald dem anderen

monokularen Sehfeldes zuzuwenden, wobei dann die Eindrücke des gerade unbeachteten kommen verschwinden. Diese Thatsache ist wichtig, weil sie lehrt, dass der Inhalt eines einzelnen Sehfeldes, ohne durch organische Einrichtungen mit einander verschmolzen zu werden, zum Bewusstsein gelangt, und dass die Verschmelzung beider Sehfelder in ein gemeinsames Bild, wo sie vorkommt, also ein psychischer Akt ist HELMHOLTZ. Am bekanntesten sind die Erscheinungen des Wettstreits beider Sehfelder, wenn beide Augen verschiedene farbige oder verschieden erleuchtete Felder betrachten. Hält man von zwei möglichst gleich hellen farbigen Gläsern, z. B. ein rothes und ein blaues, das eine vor das rechte, das andere vor das linke Auge, so erblickt man die fixirten Objecte fleckig roth und blau gefärbt, und zwar in einem unruhigen, besonders Anfangs sehr lebhaften Farbenwechsel, in welchem sich die Empfindlichkeit für die Farben ab und die Färbung des Gesichts wird eine mehr gleichmässige, unbestimmt aber zeitweise immer noch farbig wechselt. Die Ansichten sind übrigens über den Erfolg der binokularen Farbenmischung verschieden. Während HELMHOLTZ u. A. hierbei nur den Wettstreit der Sehfelder wahrnehmen sehen, PANUM, HERING, W. v. BEZOLD, W. DOBROWOLSKY u. A. die Mischfarbe. Die binokulare Farbenmischung führt nach Letzteren zu denselben Ergebnissen wie die Mischung auf dem Farbkreis. DOVE und REYNAULT konnten sogar auf diese Weise die komplementärfarben binokular zu Weiss vereinigen. Die Schwierigkeit, welche durch passiv gewählte, dem Auge vorgesetzte Convex- oder Concavgläser beseitigt werden kann, ist, dass das Auge verschiedene Sehweiten für verschiedene Farben besitzt, die beiden gleich brechenden Augen können sonach nicht ohne Weiteres gleichzeitig für zwei verschiedene Farben genau fixiren. Besser als mit verschiedenfarbigen Gläsern gelangen diese Mischungen im Stereoskop. Man betrachtet in ihm zwei verschiedenfarbige Tafeln, eine Seite rechts z. B. roth, die andere, die linke, blau ist, bei der einen Tafel ist das rothe Feld breiter, bei der anderen das blaue. Bei der stereoskopischen Kombination der Tafeln erscheint die eine Seite des einfach erscheinenden Objectes roth, die andere blau, in der Mitte eine Farbenmischung ein, wo sich roth und blau decken, erscheint violett. BRUCH hat die binokulare Farbenmischung scheint der YOUNG-HELMHOLTZ'schen Hypothese dienen zu können, da nach ihr die Mischfarbe nichts anderes ist, als die Summe dreier verschiedener sich sonst nicht beeinflussender Eindrücke, je einer auf eines der specifisch verschiedenen percipirenden Organe. Es brauchen also die für eine Mischfarbenempfindung zu reizenden Farbenempfindungsorgane nicht einmal in demselben Auge zu liegen. Es kann für das Zustandekommen der Farbenmischung nicht nur in verschiedenen Augen, sondern sogar in zwei verschiedenen Opticusstämmen stattfinden, die Mischung selbst kommt erst im Centralorgane zu Stande.

**Der Glanz stereoskopischer Objecte.** — Lässt man in dem einen von zwei stereoskopisch zu kombinirenden Bildern eines Körpers eine Fläche weiss, die man in dem anderen Bilde schwarz macht, oder gibt man ihnen verschiedene Farben, so erscheinen solche Flächen bei der stereoskopischen Betrachtung glänzend. Der Grund scheint der zu sein, dass die Flächen glänzend erscheinen, die eine mehr oder weniger regelmäßige spiegelnde Fläche zeigen, wobei es sich oft trifft, dass eines unserer Augen sich in der Richtung des reflectirten Strahles befindet, das andere nicht, dem ersten erscheint dann die Fläche stark glänzend, dem anderen schwach. HELMHOLTZ. Einen analogen Eindruck des Glanzes muss es auch bringen, wenn wir im Stereoskope eine Fläche mit beiden Augen verschieden stark sehen. Ebenso kann es vorkommen, dass ein glänzender, von farbigen Objecten umgebener Körper dem einen Auge reflectirtes Licht von einer Farbe, dem anderen von anderer Farbe zusendet, so dass er beiden Augen verschieden gefärbt erscheint, was bei einem natürlichen Sehen niemals der Fall sein kann. Wenn im stereoskopischen Sehen das eine Auge das andere anders gefärbt sieht als das andere, so kann dieser Eindruck also nur als Illusion betrachtet werden. HELMHOLTZ. Ziemlich analog sind die Erklärungen des Glanzes von HALL und BRUCH.

**Fehler in der Beurtheilung von Liniendirectionen beim Sehen mit zwei Augen.** — Eine Veränderung der Kopfrichtung hat HERING aufgefunden. Nach seiner Beobachtung

scheinen diejenigen Linien vertikal zur Visirebene, welche sich auf solchen Meridianen des Gesichts ababbilden, welche bei der Stellung des Auges parallel der mittleren Sehrichtung wirklich zur Visirebene vertikal sein würden (HELMHOLTZ).

Die Lage aller Linien, welche durch den Fixationspunkt gehen, aber nur nahezu senkrecht zu der mittleren Sehrichtung sind, deuten wir nach demselben Principe. Zeichnet man auf einer ebenen Fläche einen Stern aus einer Anzahl von Linien, die sich in einem Punkte schneiden, und fixirt diesen Punkt mit nach oben gerichtetem Blick, so scheinen die nach oben gerichteten Strahlen des Sterns in einer concaven, die nach unten gerichteten in einer convexen Kegelfläche zu liegen; umgekehrt, wenn man den Kreuzungspunkt mit nach unten gerichtetem Blicke fixirt. Der Theorie aus dem oben zuletzt angeführten Gesetze zufolge liegen die betreffenden Linien scheinbar in einer Kegelfläche zweiten Grades, deren Spitze im Fixationspunkt liegt, die ferner durch die beiden Blicklinien geht, und deren Durchmesser mit der durch die Mittelpunkte der Augen senkrecht zur Visirebene gelegten Ebene eine Ellipse ist, deren vertikale Axe etwas grösser ist als die horizontale. V. RECKLINGHAUSEN stimmte durch Beobachtung die Lage solcher Linien, die zur mittleren Sehrichtung bei aufrechem oder gesenktem Blick senkrecht erscheinen. Der Theorie nach, welcher die Beobachtungen gut entsprechen, liegen auch diese Linien in einer durch den Fixationspunkt und die beiden Blicklinien gehenden Kegelfläche zweiten Grades, die v. RECKLINGHAUSEN Normalfläche nennt, weil in ihr die zur mittleren Sehrichtung scheinbar normalen Linien liegen. Sie fällt mit den Augen, welche keine Abweichung des scheinbar vertikalen Meridians haben, für Linien, welche durch den Fixationspunkt gehen, mit der Horopterfläche zusammen.

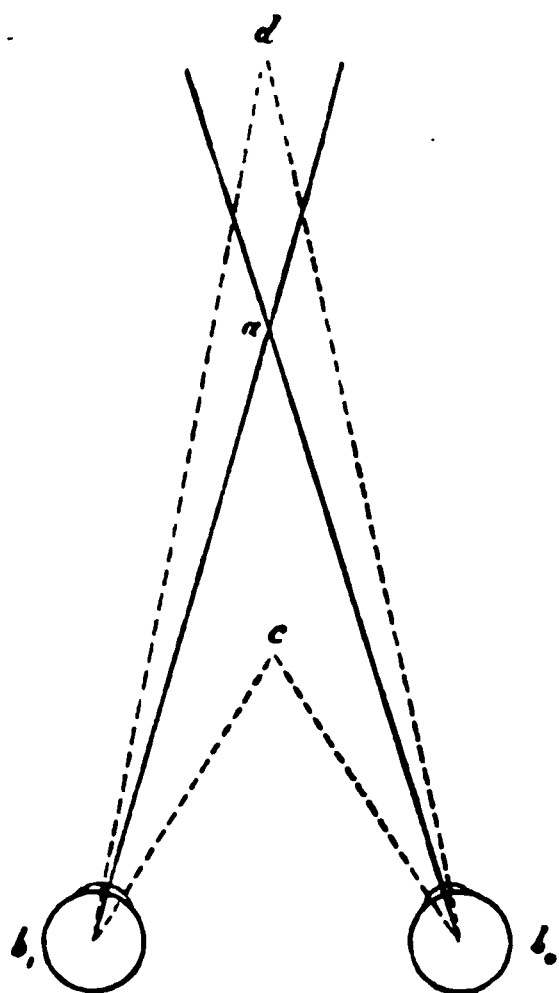
### Das binokulare Doppeltsehen.

Von der Ungleichheit der Anordnung der Objecte in unseren beiden Gesichtsfeldern können wir uns schon bei jedem Blick durch das Fenster überzeugen. Schliessen wir, ohne die Stellung des Kopfes zu verändern, abwechselnd das eine und das andere Auge, so bemerken wir, dass z. B. neben dem Fensterkreuz sich dem rechten Auge die Aussicht noch etwas weiter nach rechts hin ausdehnt als dem linken. In dem Gesichtsfeld des rechten Auges kommen an das Fensterkreuz andere Objecte an als in dem des linken. Durch Vergleichung wir also unser binokulares Gesichtsfeld genau, so bemerken wir, dass das Fensterkreuz darin zweimal vorkommt, an die vor dem Fenster sichtbaren Gegenstände in doppelter Weise angrenzend, man sieht das Fensterkreuz also doppelt. Diese Beobachtung, dass bei der Fixation ferner Objecte ein dazwischen stehender näher Gegenstand doppelt, an zwei verschiedenen Stellen im gemeinsamen Gesichtsfelde, erscheint, gelingt leicht, wenn man einen Finger senkrecht nahe vor die Augen hält. Fixirt man dann entferntere Gegenstände, so erscheint der näher gelegene Finger doppelt. Benutzt man als zweites Fixationsobject wieder einen Finger der anderen Hand, so kann man beliebig bald den näheren, bald den entfernteren Finger doppelt oder einfach sehen, je nachdem man mit der Fixation der Finger abwechselt. Zu der Wahrnehmung der Doppelbilder gehört übrigens schon einige Uebung im indirecten Sehen, da im Allgemeinen die Doppelbilder der Natur der Sache nach weniger deutlich erscheinen müssen als die einfachen.

Fixiren die beiden Augen  $b_1$  und  $b_0$  den Punkt  $a$ , so erscheint er einfach. Der den Augen näher Punkt  $c$  liegt für das Auge  $b_1$  rechts, für das Auge  $b_0$  links von der Gesichtslinie, im gemeinsamen Gesichtsfelde liegt  $c$  also für  $b_1$  rechts, für  $b_0$  links von  $a$ , im gemeinsamen Gesichtsfelde.

kommt es also sowohl rechts als links von  $a$  vor, erscheint also doppelt, und zwar nach der gebräuchlichen Bezeichnung in ungleichnamigen Doppelbildern, d. h. das scheinbar rechts liegende Bild von  $a$  gehört dem linken, das scheinbar links liegende dem rechten Auge an. Ein Punkt,

Fig. 227.



der entfernter als der Fixationspunkt liegt, erscheint dagegen in gleichnamigen Doppelbildern, d. h. das rechts liegende Doppelbild gehört dem rechten, das links liegende dem linken Auge an.

Ein Punkt erscheint auch in Doppelbildern, wenn seine Bilder in den Gesichtsfeldern beider Augen zwar gleichen Abstand von dem fixirten Punkte, aber hinreichend verschiedene Richtung haben, dass der Richtungsunterschied deutlich bemerkbar wird. Der Punkt  $c$  wird also doppelt gesehen, wenn er z. B. höher oder tiefer und gleichzeitig dem Auge etwas näher liegt als der fixirte Punkt  $a$ .

Im Allgemeinen erscheinen alle diejenigen Objecte doppelt, deren scheinbare Lage im Gesichtsfelde in Beziehung auf den Fixationspunkt hinreichend verschieden erscheint, dass ihre Verschiedenheit dem Augenmaasse auffällig wird. Objecte, welche im Gesichtsfelde scheinbar gleiche Lage gegen den Fixationspunkt haben,

werden dagegen einfach gesehen (HELMHOLTZ).

Diejenigen Punkte, welche in beiden Sehfeldern scheinbar gleiche Lage zum Fixationspunkt haben, deren Bilder im gemeinsamen Gesichtsfeld sich also decken, so dass sie nur einfach gesehen werden, werden nach HELMHOLTZ als Deckpunkte oder correspondirende Punkte bezeichnet, mit einem älteren Ausdruck als **identische Punkte**. Die sich nicht deckenden Punkte nennt man **disparate Punkte**. Da das Sehfeld jedes Auges seine nach aussen projecirte Netzhaut ist, da jedem Punkte in jedem Sehfelde ein Punkt der Netzhaut entspricht, so kann man sich auch der Benennung **Deckpunkte**, **correspondirende** oder **identische Punkte** der beiden Netzhäute bedienen.

Die Fixationspunkte der beiden Sehfelder normaler Augen sind correspondirende Punkte. Dem Fixationspunkt im Sehfeld entspricht die Mitte der Fovea centralis der Netzhaut. Die Mittelpunkte der Fovea centralis sind also identische Netzhautpunkte. Ein Objectpunkt, welcher sich gleichzeitig auf den beiden Centren der Netzhautgruben abbildet, wird einfach gesehen. Dieser Satz erleidet nur bei gewissen Fällen des Schielens eine Ausnahme. JOHANNES MÜLLER definirte die Lage der übrigen identischen Netzhautpunkte nach der der Hauptsache nach richtigen Regel, dass sie von der Mitte der Netzhäute in gleicher Richtung gleichweit ablügen.

Gehen wir auf die Verhältnisse im Einzelnen ein, so ergibt sich vor Allem, nach den Versuchen von VOLKMANN, dass die Netzhauthorizonte beider Augen einander correspondiren. Es sind das diejenigen Meridiane beider Augen, welche bei paralleler Richtung derselben in der Primärstellung mit der Visirebene zusammenfallen \*). Auch die zu den Netz-

\*) Bei kurzsichtigen Augen trifft diese Definition jedoch nicht vollkommen ein, nach den



Horizonten scheinbar vertikalen Meridiane decken sich. Sie stehen auf jenen in der That nicht vollkommen senkrecht, im emmetropischen Auge divergiren sie etwas nach oben und konvergiren nach unten. In diesen scheinbar vertikalen Decklinien sind die Punkte identisch, welche gleichweit von den Netzhauthorizonten abliegen. In den Netzhauthorizonten selbst sind entsprechend die Punkte identisch, welche gleichweit vom Fixationspunkt abliegen. Schliesslich sind alle diejenigen Punkte beider Sehfelder identisch, welche gleiche und gleichgerichtete Abstände von den genannten scheinbar horizontalen und vertikalen identischen Linien haben.

Als Erklärung der Identität der Netzhautpunkte wurden zwei verschiedene Meinungen laut. Einerseits nimmt man an, dass die zu den identischen Punkten gehörigen Fasern des Sehnerven im Gehirn selbst oder noch vor ihrem Eintritt in dasselbe, nämlich im Chiasma nervorum opticum, in der Weise anatomisch in Verbindung gebracht werden, dass ihre Erregung nur einen einzigen Eindruck zum Bewusstsein bringen könne. In der Sehnervenkreuzung geht, nach der bisher geltenden Lehre, die Hälfte der Fasern jedes Tractus opticus einerseits auf den Sehnerven der andern Seite über, und diese Fasern sind in den Netzhäuten selbst so vertheilt, dass die ursprünglich einem Tractus opticus zugehörigen Fasern die identischen Hälften der beiden Netzhäute versorgen. Nach dem eben Gesagten ist die linke Hälfte der einen Netzhaut identisch mit der rechten Hälfte der andern, ebenso correspondiren die beiden linken Netzhauthälften. Es sind Fälle beschrieben von sogenannter gleichnamiger Hemioapie, bei welcher in beiden Augen gleichnamige, also identische Netzhauthälften das Sehvermögen verloren haben, während die beiden anderen Hälften noch functioniren. Man hat solche Fälle für die Anschauung der anatomischen Verknüpfung der identischen Punkte zu verwerthen gesucht unter der Annahme, dass in solchen Fällen der entsprechende Tractus opticus irgendwie leistungsunfähig geworden ist. Eine Anzahl neuerer Forscher: BROWN-SÉQUARD, MANDELSTAMM, MICHEL, behaupten nun dagegen eine totale Kreuzung des Chiasma des Menschen. BROWN-SÉQUARD suchte diese Thatsache auf experimentellem Wege, die beiden letztgenannten auf diesem und durch anatomische Untersuchung zu stützen. HENNINGSEN und M. REICH sprechen sich dagegen mit aller Entschiedenheit für unvollständige Kreuzung beim Hunde und Menschen aus auf Grund experimenteller und anatomischer, wie es scheint, unanfechtbarer Untersuchungen.

Die andere, neuerdings namentlich von HELMHOLTZ gestützte Ansicht sieht in der Verknüpfung zweier Netzhautreizungen zu einem Erfolg in unserem Bewusstsein nichts Angeborenes, sondern etwas Erlerntes. Schon mehrfach sahen wir, dass wir die Sinnesempfindungen als Zeichen ansehen dürften, deren Deutung etwa wie die der Schriftzeichen erlernt werden muss. Fast alle äusseren Dinge erregen gleichzeitig eine Anzahl verschiedener Nervenreize unseres Körpers, so dass alle uns ohne weitere Analyse einfach erscheinenden Sinnesempfindungen aus einer grösseren oder kleineren Anzahl von Sinneseindrücken zusammengesetzt sind, welche wir in unserem Bewusstsein erst so verknüpfen, dass wir sie auf ein einziges Subject beziehen. Wir hören einen Ton mit zwei Ohren, wir riechen denselben Geruch mit zwei Nasenlöchern, wir fühlen einen Gegenstand einfach, wenn wir ihn in der Hand halten, obwohl hierbei Gruppen anatomisch getrennter Nervenfasern erregt werden. Es hängt im Allgemeinen vielleicht ausschliesslich von der Erziehung des Sinnesorganes, von der Ernährung ab, ob wir eine häufig wiederkehrende Gruppe von Empfindungen als das sinnvolle Zeichen eines oder mehrerer Objecte deuten. Auf den Fixationspunkten, auf den übrigen identischen Linien und Punkten werden beim normalen Gebrauch der Augen immer Bilder derselben Objecte dargestellt, von deren Einheit wir uns durch den Tastsinn jeden Augenblick überzeugen und unser Bewusstsein dahin erziehen können.

Bilden sich auf identischen Netzhautpunkten verschiedene Gegenstände ab, so erscheinen

Bemerkungen VOLKMANN's liegt bei diesen die äussere Seite jedes Netzhauthorizontes etwas weiter als die innere.



sogleich Doppelbilder, wie z. B. wenn wir durch seitlichen Druck das eine Auge verlagern, oder wenn durch Augenmuskellähmung das gleichzeitige Fixiren eines Gegenstandes nicht mehr möglich ist, wie beim Schielen. Es sind aber auch Fälle beschrieben an schielenden Augen mit meist ziemlich gleicher Sehschärfe, bei denen die Fixationspunkte nicht mehr identisch waren. Es correspondirte dem Centrum der Netzhautgrube des einen eine mehr nach innen oder aussen gelegene Stelle der Netzhaut des anderen Auges. Solche Schielende sehen einfach trotz der Stellungsverschiedenheit ihrer Augen. Doch ist dieser Grund des Einfachsehens Schielender viel seltener als der, welcher besonders bei verschiedener Sehschärfe der beiden Augen vorkommt, dass nämlich das Netzhautbild des einen Auges (meist des schwächeren) gegen das des anderen vernachlässigt wird, ähnlich als hätte man durch eine monokulare Brille (Zwicker) nur eines der kurzsichtigen Augen fernsehend gemacht, wobei das Bild des anderen sofort übersehen wird. In dem Falle, dass sich ein neues Identitätsverhältniss der schielenden Augen gebildet hat, wird der früher Schielende nach einer gelungenen Schieloperation nun wenigstens im Anfang Doppelbilder sehen. Nach einiger Zeit soll sich durch Gewöhnung wieder das normale Identitätsverhältniss herstellen. Wie sehr diese Erfahrungen an Schielenden für die zweite Ansicht über die Ursache der Identität sprechen, leuchtet ohne weitere Auseinandersetzung ein.

### Horopter.

Unsere Betrachtung beschäftigte sich bisher mit der Lage der identischen Punkte in den beiden Sehfeldern, resp. Netzhäuten. Wir haben noch die Lage derjenigen Punkte des äusseren Raumes selbst zu bestimmen, welche sich auf identischen Punkten der Netzhäute abbilden und daher einfach gesehen werden, die Gesamtheit dieser Punkte des Raumes wird als Horopter bezeichnet. Die Bezeichnung scheint zuerst von **AGUIRONIUS** gebraucht worden zu sein. Nach seiner Theorie sollten die Gesichtsbilder immer auf eine gewisse durch den Fixationspunkt gehende Ebene, den Horopter, projecirt werden. Die Gesichtsbilder sollten einfach oder doppelt erscheinen, je nachdem ihre Projection einfach oder doppelt sei. Als man die Lage der identischen Punkte näher erkannt hatte, konnte man den Horopter im Allgemeinen nicht mehr für eine Ebene halten. **J. MÜLLER** lehrte, dass sein Durchschnitt mit der Visirlinie ein durch den Fixationspunkt und die beiden Augen gehender Kreis sei (MÜLLER'S Horopterkreis). Nach **HERING'S** Beweis ist der Horopter im Allgemeinen eine **Linie**. Durch die Arbeiten von **HELMHOLTZ** und **HERING**, an welche sich die von **HANKEL** u. A. anschlossen, wurde das rein mathematische Problem des Horopters gelöst.

Für die Primärstellung der Augen und für den Fall, dass der als Ausgangspunkt gewählte Fixationspunkt in der Medianebene des Kopfes liegt, ist die Construction des Horopters eine sehr einfache. Legt man dann durch den Fixationspunkt und durch die beiden Drehpunkte der Augen einen Kreis und denkt sich nun den Fixationspunkt auf eine andere Stelle der Peripherie dieses Kreises verlegt, so müssen wir beide Augen um eine gleiche Winkelgrösse nach der betreffenden Seite dem neuen Fixationspunkt zuwenden, er wird daher beiden Augen um gleichviel zur Seite von dem primären einfach gesehenen Fixationspunkt gerückt und daher auch einfach erscheinen. Dieser Beweis kann für jeden beliebigen Punkt desselben Kreises ebenso geführt werden, stets sind nämlich die Winkel, um welche die Hauptrichtungslinien von dem alten bis zu dem neuen Fixationspunkt gedreht werden als Peripheriewinkel auf demselben Bogen einander gleich. Alle Punkte dieses Kreises: des **MÜLLER'S**chen Horopterkreises, werden sonach einfach gesehen. Errichten wir auf dem Fixationspunkt eine senkrechte Linie auf die Peripherie des Kreises, so müssen, um einen beliebigen Punkt dieser Linie zu fixiren, die beiden Augen dieselbe Bewegung nach auf- oder abwärts machen, er wird daher für beide Augen in der gleichen Entfernung von dem primären Fixationspunkt, also einfach erscheinen. Alle Punkte dieser Linie müssen sonach ebenfalls

schon gesehen werden. In diesem Falle ist somit der Horopter ein Kreis und eine dessen Peripherie senkrecht schneidende Gerade.

Nach HELMHOLTZ' Definition ist der Horopter im Allgemeinen eine Curve doppelter Krümmung, welche als die Schnittlinie zweier Flächen zweiten Grades (Hyperboloide mit einer Mantelfläche, Kegel oder Cylinder) angesehen werden kann. Schnittlinie zweier Flächen zweiten Grades ist im Allgemeinen vom vierten Grade, d. h. sie wird von einer Ebene in je 4 Punkten geschnitten werden. In dem uns vorliegenden Falle schneiden aber die beiden schneidenden Flächen eine gerade Linie gemein, welche nicht Horopter ist; der Rest der Schnittlinie ist eine Curve dritten Grades, d. h. eine solche, welche von einer beliebigen Ebene nur in drei Punkten geschnitten werden kann. Diese Curve hat die bemerkenswerthe Eigenschaft, dass, wenn man durch einen festen Punkt derselben einerseits, durch alle anderen Punkte der Curve andererseits gerade Linien legt, diese Linien einen Kegel zweiten Grades bilden. Wählt man als Spitze des Kegels einen unendlich entfernten Punkt der Curve (dieselbe läuft nämlich mit mindestens zwei Aesten in das Unendliche hinaus), so wird der Kegel ein Cylinder, dessen Basis eine Curve zweiten Grades ist.

Um eine Anschauung von der Gestalt einer solchen Curve dritten Grades zu erhalten, zeichnen wir uns dieselbe, nach HELMHOLTZ, auf eine Cylinderfläche gezeichnet und diese auf

Fig. 228.



Ebene abgerollt. Die ausgezogene Curve *abc f* stellt dann ihre Form dar. Die punktirte Curve sei die Schnittlinie der Visirebene mit dem Cylinder, sie schneidet die Curve dritten Grades in drei Punkten *a*, *b*, *c*; letztere läuft an zwei Stellen *e* und *f* in das Unendliche aus, indem sie sich asymptotisch der geraden Linie *g g* oder der mit dieser identischen *h h* nähert. Um sich die körperlichen Verhältnisse anschaulich zu machen, rollt man das Papier mit den aufgetragenen Curven zu einem entsprechenden Cylinder wieder zusammen. Betrachten wir die Curve dritten Grades als Horoptercurve, so geht sie durch den Mittelpunkt der Visirlinie in die Augen. In der nachstehenden Figur sind *b* und *c* die Orte der beiden Augen, *a* der Fixationspunkt; das Stück *bc* fällt als im Innern des Kopfes liegend weg, da es dem gewöhnlichen Sprachgebrauch nach also nicht zum eigentlichen Horopter gehört. Der eigentliche Horopter besteht danach aus zwei vollkommen getrennten Zweigen *eb* und *fc*. Die Curve in der Gesamtheit, wie sie bei der mathematischen Behandlung betrachtet zu werden pflegt,

wird als Horoptercurve von denjenigen Theilen derselben unterschieden, welche wirklich einfach gesehen werden können, und für die ausschliesslich der Name Horopter oder Punkthoropter gebraucht wird.

Wenn die beiden Netzhauthorizonte gleiche, aber nach entgegengesetzten Seiten gekehrte Winkel mit der Visirebene bilden, während der Fixationspunkt in endlicher Entfernung liegt, fällt die Horoptercurve mit ihrer geraden Assymptotenlinie  $gg$  und der zu einer ebenen Curve zweiten Grades zusammengelegten Linie  $aa$  zusammen. Die beiden getrennten Zweige der Horoptercurve stossen dann in diesem Schnittpunkte zusammen. Die Grundbedingung dazu ist erfüllt, wenn der Fixationspunkt entweder in der Medianebene des Kopfs oder in der Primärlage der Visirebene liegt. Im ersten Fall liegt der Fixationspunkt auf der geraden Horopterlinie, im zweiten auf dem Kegelschnitt, der unter diesen Bedingungen ein Kreis wird: MÜLLER'S Horopterkreis. Liegt der Fixationspunkt sowohl in der Medianebene des Kopfs als auch in der Primärlage der Visirebene, so schneiden sich in ihm die gerade Horopterlinie und der Kreis.

Liegt sowohl der Fixationspunkt in der Medianebene, aber in unendlicher Entfernung und, wie gewöhnlich bei emmetropischen Augen, die Netzhauthorizonte in der Visirebene, so ist für diesen einzigen Fall der Horopter eine Fläche, und zwar eine Ebene, die für emmetropische Augen nahezu mit der Fussbodenebene des stehenden Beobachters zusammenfällt, bei Kurzsichtigen dagegen meist in grösserer Entfernung liegt. Es leuchtet sogleich ein, wie wichtig dieses Verhältniss ist; wir bekommen dadurch eine genaue Anschauung des Bodens, auf dem wir gehen, im indirecten Sehen, wenn wir, wie gewöhnlich unter Betrachtung eines entfernt vor uns liegenden Gegenstandes vorwärts schreiten.

Sollen nicht, wie bei den bisherigen Betrachtungen angenommen wurde, Punkte, sondern Linien einfach gesehen werden, so genügt es, dass die Linien beider Netzhäute, auf denen ihr Bild erscheint, identisch seien, ohne dass gerade Punkt für Punkt der Bilder correspondiren müsste. Ist ein zweites Bild dieser Linie in der Richtung der Linie selbst verschoben, so kann es sich, wie directe Anschauung ergibt, mit dem ersten doch noch in ganzer Länge decken, es wird das besonders bei geraden Linien der Fall sein können. Die Fläche, in welcher gerade Linien von bestimmter Richtung gelegen sein müssen, um in dieser Weise auf identischen Netzhautlinien sich abzubilden, heisst ein Linienhoropter. Man bezeichnet ihn als Vertikalhoropter für die Linien, welche in den beiden Sehfeldern senkrecht zu den beiden Netzhauthorizonten zu stehen scheinen, als Horizontalhoropter für die, welche zu den Netzhauthorizonten parallel erscheinen. Für Linien, deren Bilder in den Sehfeldern parallel liegen, ist ein solcher Linienhoropter im Allgemeinen ein Hyperboloid mit einer Mantelfläche, welches in besonderen Fällen in einen Cylinder oder Kegel übergehen kann. Für gerade Linien, die sich in einem Punkte der Horoptercurve schneiden, ist der Linienhoropter ein Kegel zweiten Grades, welcher den gemeinsamen Schnittpunkt mit den anderen Punkten der Horoptercurve verbindet. Ueberhaupt erscheint jede gerade Linie, welche durch zwei Punkte der Horoptercurve geht, einfach. (Das Nähere ist bei HERING und bei HELMHOLTZ, Phys. Optik, nachzusehen).

**Vernachlässigung der Doppelbilder.** — Es braucht nach der bisherigen Darstellung der Verhältnisse der Gesichtswahrnehmungen keine Auseinandersetzung mehr, warum wir bei dem gewöhnlichen Sehen von den Doppelbildern der Objecte, welche ihre Bilder nicht auf identische Netzhautstellen entwerfen, nichts bemerken. Fixiren wir einen Gegenstand mit beiden Augen, so erscheint er einfach und deutlich, und die ferner oder näher liegenden Gegenstände, welche im indirecten Sehen doppelt erscheinen, bleiben unbeachtet. Und wir vernachlässigen die immer auch viel undeutlicheren Doppelbilder nicht im Horopter gelegener Objecte um so leichter, da wir durch anderweitige Erfahrungen unserer Sinne, vor Allem durch den Tastsinn, von der Einfachheit derselben eine tausendfältige Erfahrung besitzen. Die Doppelbilder sind uns die sinnlichen Zeichen nicht im Horopter gelegener einfacher Objecte. Um die Doppelbilder zu sehen, müssen wir künstlich von

• wahrgenommenen Objecten selbst abstrahiren und auf unsere Gesichtseindrücke als he achten. Daher erklärt es sich, dass wir die Doppelbilder erst nach einer gewissen ung erkennen lernen, und dass ihr Auffinden auch für solche dauernd misslingen kann, sonst in physischen Beobachtungen nicht ungeübt sind.

## Die Schutzorgane des Auges.

Ueber die Anatomie der Schutzorgane des Auges vergleiche man die anato- chen Handbücher.

• Die Augenlider werden durch die vom Facialis angeregte Contractilität des *M. orbis palpebrarum* geschlossen. Bei dem oberen hilft beim Schliessen die Schwere mit, che die Oeffnung des untern vorzüglich besorgt. Das obere wird durch den vom *N. oculo- motorius* innervirten *M. levator palpebrae superioris* geöffnet. An der Oeffnung beider er betheiligen sich aus organischen Muskelfasern bestehende, vom Sympathicus ab- ige Retraktoren (H. MÜLLER u. A.). Der Lidschluss erfolgt willkürlich und unwillkür- im Schlaf, und als Reflex bei Berührung des Augapfels, der Wimperansätze und durch nsive Lichtreizung der Retina.

Die Thränenflüssigkeit benetzt fortwährend die vordere Augenfläche. Der Weg Thränenflüssigkeit vom oberen äusseren Augenmuskel in der kapillaren Spalte des Con- tivalsacks zum Thränensee im inneren Augenwinkel, und von da durch die Thränenpunkte ie steifen, kapillaren Thränenröhrchen, den Thränen canal und die Nasenhöhle, ist aus beschreibenden Anatomie genügend bekannt. Der Lidschlag befördert den Abfluss der inen in die Nase. Beim Lidschluss spannt sich nämlich das *Lig. palpebrale internum* an erwehrt den Thränen canal, der nun die Thränenflüssigkeit aktiv ansaugt; analog wirkt i der HORNER'sche Muskel auf den Thränen canal. Das Ueberfliessen der Thränenflüssigkeit den freien Lidrand wird bei normaler Sekretionsgrösse verhindert durch das fettige et der MEIBOM'schen Drüsen. Die Thränen drüsen sind nach dem Typus der benförmigen Drüsen gebaut (F. BOLL). Das Sekret, die Thränenflüssigkeit, ist klar, los, schwach alkalisch, von salzigem Geschmack. Es führt als anorganischen Bestand- vorwiegend Kochsalz, es soll auch geringe Mengen von Schleim und einen Eiweisskörper alten. Die Thränenflüssigkeit wird beständig in geringen Mengen secernirt. Durch psy- che Alterationen verschiedener Art, sowie reflectorisch und durch directen Nervenreiz i die Absonderung bedeutend gesteigert werden. Nach CZERMAK durch Reizung der Tri- ninuswurzeln, nach HERZENSTEIN durch Reizung des *Ramus lacrimalis trigemi- ni* und (bei Hunden) des *Ramus subcutaneus malae trigemini direct*; reflecto- r, so lange der *Nervus lacrimalis* intact ist, durch Lichtreize der Retina und durch ung der sensiblen Zweige des ersten und zweiten Astes des Trigemini der entsprechen- Seite, vorzüglich wirksam ist Reizung der Conjunctiva und der Nasenschleimhaut. Nach rschenko kann man durch Reizung eines jeden aus dem Gehirn entspringenden Gefühls- ren die Thränenabsonderung reflectorisch anregen. Die Menge des zur Drüse strömenden es scheint nicht ohne Einfluss auf die Menge der abgesonderten Thränen. Reizung und chschneidung des *Halssympathicus* vermehren aber beide die Thränenabsonderung. h Durchschneidung des *Lacrimalis* tritt paralytische Sekretion der Drüse auf (DEMTSCHENKO, .FERZ).

## Vierundzwanzigstes Capitel.

### Der Gehörsinn.

---

#### Allgemeines über die Function des Ohres und die Schallempfindungen.

Die dem Sinnesorgane des Gehörs eigenthümliche Reaktionsweise gegen Nervenreize ist die Schallempfindung. Normal wird sie im Ohre erzeugt durch Erschütterungen elastischer Körper, vor Allem der Luft, deren Schwingungen auf das Gehörorgan übertragen werden. Die Schallempfindung unterscheidet sich (HELMHOLTZ) specifisch von allen Empfindungen der übrigen Sinne, kein anderes Sinnesorgan kann sie hervorrufen. Jede Erregung der nervösen Gehörsinnssubstanz, zu welcher der Nervus acusticus mit seinen Ganglienzellen und den Endapparaten im Labyrinth, den Hörhaaren und Corti'schen Stäbchen, sowie eine bestimmte Partie des Gehirnes, gehört, von welcher der Gehörnerv entspringt, erweckt nur Empfindungen aus dem specifischen Empfindungskreise des Gehörsinnes, Schallempfindungen.

Die normalen äusseren Erregungsmittel des Gehörorganes, die verschiedenen Schallschwingungen, werden zum Zwecke der Erzeugung von Gehörsempfindungen zunächst in verschiedene, bestimmte Bewegungen der Leitungsapparate des Ohres, namentlich des Trommelfells, der Gehörknöchelchen, des Labyrinthwassers umgewandelt; durch die Wellen des Labyrinthwassers können mechanisch die im Labyrinth verschlossenen akustischen Endapparate der Gehörnerven in Mitschwingungen versetzt, und dadurch direct die zu den Endapparaten in Beziehung stehenden Akustikusfasern und die ihnen entsprechenden Partien des centralen Nervenapparates des Gehörsinns im Gehirne erregt werden. Den tausendfältig verschiedenen Tonempfindungen scheint eine gleiche Anzahl specifischer Empfindungsorgane im Labyrinth zu entsprechen. Die von MAX SCHULTZE aufgefundenen, in der ganzen Thierwelt verbreiteten elastischen Hörhaare sind, wie HENSEN experimentell gezeigt hat, ausserordentlich geeignet, um durch Wellenbewegungen, welche ihren eigenen Schwingungsperioden entsprechen, zu Mitschwingungen veranlasst zu werden. Im Labyrinth des Menschen und der Säugethiere entdeckte Corti das wundervolle musikalische Instrument mit Tausenden verschieden gespannten musikalischen Saiten (? oder verschiedenen elastischen Stäbchen), welche einzeln ihren verschiedenen Elasticitätsverhältnissen entsprechend durch verschiedene Wellenbewegungen des Labyrinthwassers in Mitschwingungen versetzt werden und diese Bewegung



Reiz auf die mit ihnen verknüpften Nervenfasern übertragen können (HELMHOLTZ). Jede musikalische Schallbewegung versetzt diejenigen der verschiedenen stimmten mikroskopischen Apparate, die ihrer eigenen Tonhöhe entsprechen, in gleichstimmige Schwingungen, so dass der mit einer solchen Saite verknüpfte Theil der nervösen Gehörssinnssubstanz immer nur durch eine spezifische Gehörsempfindung erregt wird.

Die Hauptverschiedenheit, welche unser Ohr zwischen den verschiedenen Schallempfindungen entdeckt, ist der Unterschied zwischen Geräuschen und musikalischen Klängen. Die Empfindung eines Klanges wird durch eine periodische Bewegung eines tönenden Körpers hervorgerufen, die Empfindung eines Geräusches durch nicht periodische Bewegungen. Sausen, Heulen und Zischen des Windes, das Plätschern des Wassers, das Rollen und Rasseln des Wagens sind Beispiele für die nicht periodischen Bewegungen der Geräusche, die Klänge der musikalischen Instrumente sind dagegen periodische Bewegungen. In mannigfach wechselndem Verhältniss können Klänge und Geräusche sich mischen und in einander übergehen. Nach HELMHOLTZ scheinen verschiedene Endapparate der Wahrnehmung von Klängen und Geräuschen zu dienen.

Die verschiedenen periodischen Wellenbewegungen der Klänge der akustischen Instrumente und des menschlichen Kehlkopfes (S. 685) können mathematisch als eine Summe einzelner einfacher Töne, d. h. pendelartiger Tonschwingungen, gefasst werden. Auch unser Ohr zerlegt die Klänge in ihre Theiltöne (Fundamenton und harmonische Obertöne). Die spezifisch verschiedene Klangfarbe der Klänge der musikalischen Instrumente beruht, wie uns HELMHOLTZ lehrte, dessen akustischen Untersuchungen wir uns im Folgenden hauptsächlich anschliessen, auf konstanten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Theiltöne und in der relativen und absoluten Stärke derselben. Wir unterscheiden noch weiter Tonhöhe und Stärke der Klänge. Die letztere wächst oder nimmt ab mit der Breite (Amplitudo) der Schwingungen des tönenden Körpers. Mechanisch ist die Stärke der Schwingungen durch das Quadrat der grössten Schwingungsgeschwindigkeit zu messen, welche die schwingenden Theilchen erreichen. Physiologisch gilt diese Beziehung, wie wir unten sehen werden, nicht ganz genau, da das Gehörorgan verschiedene und zwar wechselnde Empfindlichkeit für Töne verschiedener Höhe besitzt.

Die Tonhöhe hängt nur ab von der Schwingungsdauer oder, was nämliche sagt, von der Schwingungszahl. Unter der letzteren verstehen wir die Anzahl der Schwingungen, welche der tönende Körper in der Secunde ausführt. Die Schwingungsdauer finden wir, wenn wir die Secunde mit der Schwingungszahl dividiren  $e. v. v.$  Die Klänge und Töne sind um so höher, je grösser ihre Schwingungszahl oder je kleiner ihre Schwingungsdauer ist. Die physikalisch gut verwendbaren Töne mit deutlich wahrnehmbarer Tonhöhe liegen zwischen 40—4000 Schwingungen, sie umfassen also 7 Oktaven; die überhaupt wahrnehmbaren liegen zwischen 16—38000, also im Bereiche von etwa 14 Oktaven.

Im Allgemeinen setzen wir hier und in der Folge die Ergebnisse der physikalischen Akustik als bekannt voraus.

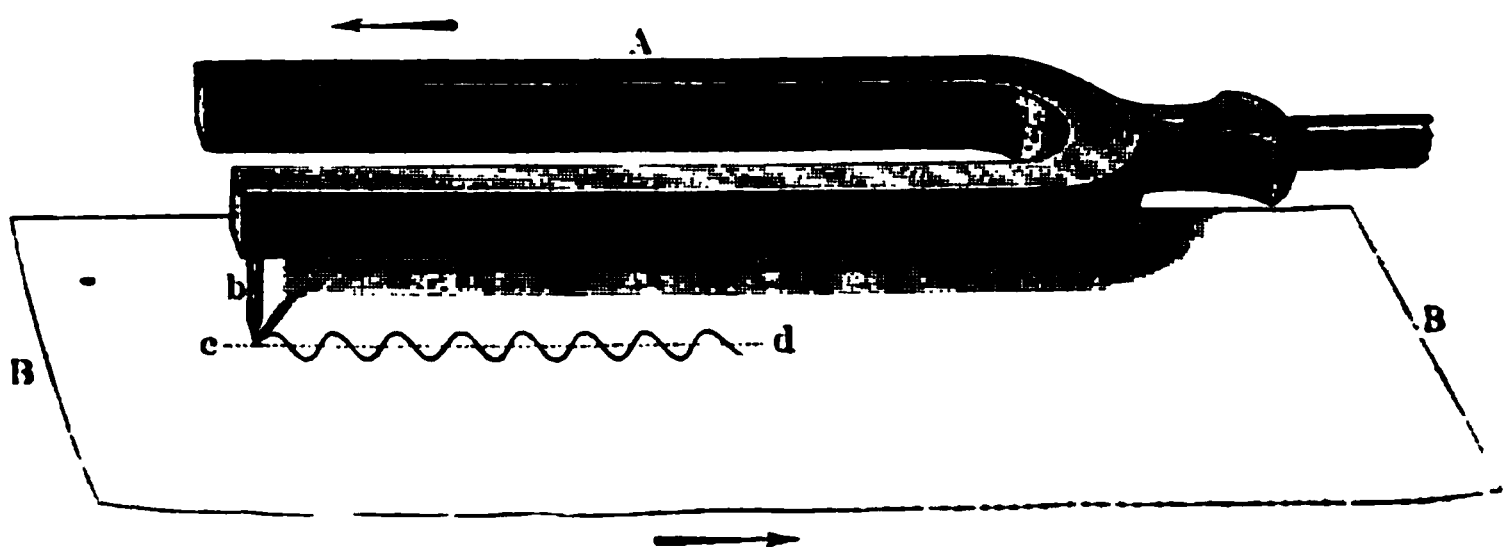
**Tonhöhe.** — Nach der von der Naturforscherversammlung 1834 genehmigten Bestim-

mung SCHEIBLER's, an die wir uns anschliessen, macht das eingestrichene  $A$  in der Sec 440 Schwingungen, nach der neuen Pariser Stimmung dagegen in deutscher Zählweise 437,5; da die französischen Physiker den Hin- und Hergang eines schwingenden Körpers jeden einzeln eine Schwingung nennen, so rechnen sie für dieselbe Note die doppelte Schwingungszahl 875. Auf grösseren Orgeln hat man als tiefsten Ton, nach der Berechnung HELMHOLTZ,  $C_{II}$  mit 16,5 Schwingungen; der musikalische Charakter der tiefsten Töne  $E_I$  ist aber schon unvollkommen, sie stehen an der Grenze, an welcher die Fähigkeit des Ohres aufhört, die Schwingungen zu einem Ton zu verbinden.  $E_I$  des Contrabasses ist der tiefste Ton der Orchesterinstrumente mit 41,25 Schwingungen, die neueren Klaviere und neueren Orgeln gehen bis  $C_I$  mit 33 Schwingungen, neuere Flügel haben hier und da noch mit 27,5 Schwingungen. Die Pianofortes gehen in der Höhe bis  $a^{IV}$  mit 3520 oder 4224 Schwingungen, als höchsten Ton des Orchesters nimmt HELMHOLTZ das 5gestrichene der Piccoloflöte an mit 4752 Schwingungen. Indem DESPRETZ kleine Stimmgabeln mit Violinbogen strich, erreichte er noch das 8gestrichene  $d$  mit 38046 Schwingungen. Diese Töne waren schmerzhaft unangenehm, und die Unterscheidung war auch an dieser Grenze der Tonempfindung nur unvollkommen (HELMHOLTZ).

**Klangfarbe.** — Als dritten wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Klängen haben wir die Klangfarbe genannt, die zunächst von dem musikalischen Instrumente bedingt erscheint, welches den Klang erzeugt. Dieselbe Note, von den verschiedenen Instrumenten angegeben, zeigt bekanntlich trotz gleicher Stärke und gleicher Tonhöhe jedem Instrumente gewisse charakteristische, gleichbleibende Eigenschaften, so dass wir mit der grössten Leichtigkeit die Klänge des Klaviers, der Violine, der Flöte, der menschlichen Stimme etc. von einander unterscheiden können. Von der Weite der Schwingung, welcher die Stärke, oder von der Dauer der Schwingung, welche der Tonhöhe entspricht, kann die Klangfarbe nicht bedingt sein, sie kann also nur noch abhängen von der verschiedenen Art und Weise, wie die Bewegung innerhalb jeder einzelnen Schwingungsperiode vor sich geht.

Zur Definition des Klanges gehört nur, dass seine Bewegung eine periodische sei; die Art, wie die Bewegung innerhalb der Perioden vor sich geht, kann unendliche Mannigfaltigkeit zeigen. HELMHOLTZ wählt zur Veranschaulichung dieser Unterschiede zwei Beispiele. Setzen wir ein Pendel in Bewegung, so sehen wir dasselbe von rechts nach links in gleichmässiger, nirgends stossweise unterbrochener Bewegung schwanken; nahe beiden Enden seiner Bahn bewegt es sich langsam, in der Mitte schnell. In derselben Weise nach demselben Gesetz, nur sehr viel rascher, bewegen sich die Zinken einer ausstreichenden Stimmgabel hin und her. Ein Hammer, der von einer Wassermühle bewegt wird, gibt

Fig. 229.



anderes Beispiel periodischer Bewegung. Langsam wird er von dem Mühlwerk gehoben, er fällt er, losgelassen, plötzlich herab, um von neuem langsam anzusteigen. Die Bewegung ist zwar eine periodische, aber von der des Pendels verschieden. Die Bewegung einer gestrichenen Violinsaite entspricht dem letzteren Falle ziemlich genau. Die Saite haftet eine Zeit

der Bogen fest, wird von diesem mitgenommen, bis sie sich plötzlich wie der Hammer in der Gabel losreisst und nun wie dieser mit viel grösserer Geschwindigkeit, als mit der sie angefasst wird, ein Stück zurückspringt, um dann von neuem durch den Bogen gefasst zu werden. Diese Verschiedenheiten der periodischen Bewegung kann man, wie aus der physikalischen Akustik erinnerlich ist, graphisch als Wellenzüge darstellen, indem man z. B. an eine Stimmgabel einen Stift befestigt, und diesen, während sie tönt, mit gleichbleibender Geschwindigkeit über eine berusste Glasplatte hinzieht (Fig. 229). Die gezeichneten Wellenlinien, die Curven, gleichen bei den gewählten Beispielen, die wir unendlich hätten häufen können, auch wenn die Perioden bei allen gleich sind, verschieden aus, man bezeichnet diese Verschiedenheit als Schwingungsform eines tönenden Körpers. Die Physiker lehrten, dass von dieser Schwingungsform die Klangfarbe abhängt. HELMHOLTZ zeigte, in welcher Weise dieser Satz gültig ist.

Wenn wir die Wirkungen verschiedener Wellenformen, z. B. die der Violinsaite, auf unser Gehörorgan aufmerksam beobachten, so hören wir bei gehörig gerichteter Aufmerksamkeit nicht nur den Ton, dessen Tonhöhe durch die Dauer der Schwingung, wie oben auseinander gesetzt ist, bestimmt wird, und den wir als Grundton bezeichnen, sondern eine ganze Reihe höherer Töne, welche die harmonischen Obertöne des Klanges genannt werden. Der Grundton ist der tiefste und meist auch der stärkste unter all diesen Tönen, nach seiner Tonhöhe beurtheilen wir die Tonhöhe des ganzen Klanges. Die Reihe dieser Obertöne ist für alle musikalischen Klänge konstant, es tritt auf: 1) die höhere Oktave des Grundtons, welche die doppelte Anzahl von Schwingungen macht, also  $c'$ , wenn der Grundton  $c$  ist; 2) die Quinte dieser Oktave  $g'$  mit dreimal; 3) die zweite höhere Oktave  $c''$  mit viermal; 4) die grosse Terz dieser Oktave  $e''$  mit fünfmal; 5) die Quinte dieser Oktave  $g''$  mit sechsmal viel Schwingungen wie der Grundton. Daran reihen sich, immer schwächer und schwächer werdend, die Töne, welche 7, 8, 9mal u. s. w. so viele Schwingungen machen als der Grundton.

Nach HELMHOLTZ bezeichnen wir die Gesammtempfindung, welche eine periodische Luftschütterung im Ohre hervorruft, wie oben angegeben, als Klang. In dem Klang sind nach dem Ebengesagten eine Reihe verschiedenartiger Töne enthalten, welche als Theiltöne oder Partialtöne des Klanges bezeichnet werden, der erste dieser Theiltöne ist der Grundton, die übrigen seine harmonischen Obertöne.

G. S. OHM hat den Satz zuerst ausgesprochen, dass es eine einzige akustische Schwingungsform gibt, die nur aus dem Grundton ohne alle harmonischen Obertöne besteht. Es ist die einfache Schwingungsform, die wir bei dem Pendel und der Stimmgabel gefunden haben. HELMHOLTZ bezeichnet sie als pendelartige oder einfache Schwingungen und beschränkt damit die Bedeutung des Wortes Ton. Als Klang bezeichnet er den Eindruck einer periodischen, nicht pendelartigen Luftbewegung, deren Schwingung in gewissem Sinn als eine zusammengesetzte betrachtet werden kann. Das Ohr selbst nimmt, wie wir sahen, eine Analyse der Klänge vor. OHM hat gezeigt, dass jede Luftbewegung, welche einer zusammengesetzten Klangmasse, einem Klang, entspricht, zu zerlegen ist in eine Summe einfacher pendelartiger Schwingungen; jeder solchen einfachen Schwingung entspricht ein Ton, den das Ohr empfindet, dessen Tonhöhe durch die Schwingungsdauer der entsprechenden Luftbewegung bestimmt ist.

Die Form der einfachen, pendelartigen Schwingungen ist immer die gleiche, nur ihre Amplitude und die Dauer ihrer Periode kann wechseln. Durch Combination zweier einfacher, pendelartiger Schwingungen kann schon die Form der Schwingung sehr mannigfaltig werden, und zwar mehr bis ins Unendliche, wenn wir eine ganze Anzahl von einfachen Schwingungen zu einer einzigen periodischen Bewegung zusammensetzen.

In welcher Weise solche Zusammensetzungen einfacher Wellenzüge zu complicirteren entstehen können, können wir uns leicht an den Wellen auf der Oberfläche eines Wasserspiegels anschaulichen. Werfen wir einen Stein in das Wasser, so breitet sich von dem Be-

wegungscentrum die Erschütterung in Form von Wellenringen über die Fläche hin aus zu immer ferneren und ferneren Punkten. Haben wir gleichzeitig zwei (oder mehrere) Steine an verschiedenen Stellen der Wasserfläche hineingeworfen (oder in anderer Weise Wellenzüge erzeugt), so gehen von den verschiedenen Mittelpunkten der Erschütterung Wellenringe aus, die sich vergrössern und einander begegnen. Die Stellen, wo sich die Ringe treffen, werden nun durch beide Erschütterungen gleichzeitig in Bewegung gesetzt, trotzdem pflanzen sich aber die einzelnen Wellenzüge gerade ebenso weiter fort, als wenn jeder von ihnen ganz allein auf der Wasserfläche vorhanden wäre. Von einem erhöhten Standpunkte aus können wir die verschiedenen Wellenzüge, welche gleichzeitig auf der Wasseroberfläche vorhanden sind, mit Leichtigkeit mit den Augen verfolgen und analysiren. Ein ganz ähnliches Schauspiel kann man sich vorgehend denken in einem Luftraume, in welchem eine Anzahl von Schallwellen, deren Länge bei den brauchbaren Tönen von 92 Fuss bis 6 Zoll schwankt, gleichzeitig sich fortpflanzt, etwa im Inneren eines Tanzsaales (HELMHOLTZ). Die Musikinstrumente, sprechende Menschen, rauschende Kleider, gleitende Flüsse, klirrende Gläser etc. erregen hier Wellenzüge, welche durch den Luftraum des Saales hinschiessen, an seinen Wänden zurückgeworfen werden, umkehren, dann gegen eine andere Wand treffen, nochmals reflectirt werden und so fort, bis sie erlöschen. Von dem Munde der Männer und den tieferen Musikinstrumenten gehen langgestreckte, 8—12 Fuss lange Wellen aus, von den Lippen der Frauen kürzere, 4 Fuss lang, das Rauschen der Kleider bringt ein kleines Wellengekräusel hervor, kurz man kann sich das Durcheinander der verschiedenartigsten Bewegungen nicht verwickelt genug vorstellen. Doch ist von selbst klar, dass an jeder einzelnen Stelle des Luftraums in jedem Augenblicke die Lufttheilchen nur eine bestimmte Bewegung mit einer bestimmten Geschwindigkeit nach einer bestimmten Richtung ausführen können. Bei den Wellen, die sich auf einer Wasseroberfläche begegnen, können wir direct uns anschaulich machen, was in einem solchem Falle geschieht. Werfen wir einen Stein in eine Wasserfläche, über welche schon längere Wellen hinziehen, so werden die Wellenringe in die bewegte, zum Theil gehobene, zum Theil gesenkte Wasserfläche genau ebenso hineingeschnitten, als wäre die Fläche ganz ruhig. Die Berge der Ringe ragen über die schon anderweitig bewegte Fläche um ebenso viel hervor, die Thäler sind um ebenso viel tiefer. Wo ein Berg des grösseren Wellenzuges mit einem Berge des Wellenringes zusammenfällt, ist die Erhebung der Wasserfläche gleich der Summe beider Berghöhen, fällt ein Thal des Wellenringes in ein Thal der grösseren Wellen, so ist die gesammte Einsenkung der Wasserfläche gleich der Summe beider Thäler. Schneidet sich auf der Höhe der grösseren Wellenberge ein Thal des Wellenringes ein, so wird die Höhe dieses Berges verringert um die Tiefe des Thales. »Die Erhebung der Wasserfläche in jedem ihrer Punkte ist in jedem Zeitmoment so gross, wie die Summe derjenigen Erhebungen, welche die einzelnen Wellensysteme, einzeln genommen, an demselben Punkte und zu derselben Zeit hervorgebracht haben würden«. Ganz in demselben Sinne findet eine Superposition der verschiedenen Wellensysteme in der Luft statt, nur dass hier die Ausbreitung der Wellen nach allen Richtungen des Raumes möglich ist und die Wellen selbst in Dichtigkeitsschwankungen der Luft bestehen. Wir haben jedoch für das Ohr, dessen äusserer Gehörgang, mit den Schallwellen verglichen, verhältnissmässig sehr eng ist, nur Bewegungen der Luft, die der Axe des Gehörganges parallel sind, zu berücksichtigen, also nur Verschiebungen der Lufttheilchen in der Richtung von der Mündung des Gehörganges gegen das Trommelfell: Wenn also mehrere tönende Körper in dem uns umgebenden Luftraume gleichzeitig Schallwellensysteme erregen, so sind sowohl die Veränderungen der Dichtigkeit der Luft, als die Verschiebungen und die Geschwindigkeiten der Lufttheilchen im Innern des Gehörganges gleich der Summe derjenigen entsprechenden Veränderungen, Verschiebungen und Geschwindigkeiten, welche die einzelnen Schallwellenzüge, einzeln genommen, hervorgebracht haben würden. Wir können also insofern behaupten, dass alle die einzelnen Schwingungen, welche die einzelnen Schallwellenzüge hervorgebracht haben würden, ungestört neben einander und gleichzeitig in unserem Gehörgange bestehen.

Nach dem oben erwähnten OHM'schen akustischen Gesetze besitzt das Ohr in höchstem Grade die Fähigkeit, die verschiedenen sich mischenden Wellenzüge von einander zu trennen. Dieses OHM'sche Gesetz wird durch das mathematisch erwiesene Gesetz FOURIER's ver-  
ständigt: »Jede beliebige regelmässige periodische Schwingungsform kann aus einer Summe einfacher Schwingungen zusammengesetzt werden, deren Schwingungszahlen ein, zwei, vier u. s. w. mal so gross sind, als die Schwingungszahl der gegebenen Bewegung«, und kann eine gegebene regelmässig periodische Bewegung nur in einer einzigen Weise als Summe einer gewissen Anzahl einfacher Schwingungen dargestellt werden. Es entspricht, wie wir sahen, einer regelmässig periodischen Bewegung ein Klang, einer einfachen Schwingung ein Ton, wir können also das mathematische Gesetz auch so formuliren (HELMHOLTZ): »Jede Schwingungsbewegung der Luft im Gehörgange, welche einem musikalischen Klange entspricht, kann immer und jedes Mal nur in einer einzigen Weise dargestellt werden als die Summe einer Anzahl einfacher schwingender Bewegungen, welche Theiltönen dieses Klanges entsprechen.

Das Ohr hat dieselbe Fähigkeit wie die mathematische Analyse, das Wellengemisch eines Klanges in seine einfachen Bestandtheile, die Partialtöne, zu zerlegen.

Den in einer Klangmasse enthaltenen Partialtönen kommen auch sonst besondere mechanische Wirkungen in der Aussenwelt zu, die sich vor Allem in dem Phänomene des Mitschwingens äussern. Die Fähigkeit des Mitschwingens findet sich vorzugsweise bei festen Körpern, welche, einmal durch irgend einen Anstoss in Schwingungen versetzt, ehe zur Ruhe kommen, eine längere Reihe von Schwingungen ausführen. Werden sie von schwachen, aber regelmässig periodischen Stössen getroffen, von denen jeder einzelne zu schwach ist, um eine merkliche Bewegung des schwingenden Körpers zu veranlassen, kann sich doch die grosse Anzahl der Anstösse zu sehr ausgiebigen Schwingungen des gegebenen Körpers summiren, wenn die Periode jener schwachen Anstösse genau gleich ist der Periode der eigenen Schwingungen des angestossenen Körpers. Weicht die Periode der regelmäßig sich wiederholenden Stösse ab von seiner Periode der Schwingungen, so entsteht eine schwache oder ganz unmerkliche Bewegung. Gewöhnlich gehen solche periodische Anstösse von einem andern in regelmässigen Schwingungen begriffenen Körper aus, in diesem Falle heissen die periodischen Schwingungen des einen Körpers periodische Schwingungen eines andern hervor, auf welchen Vorgang die Bezeichnung Mitschwingen oder Mitschwingen zunächst bezieht. Wenn z. B. zwei Saiten zweier Violinen genau gleichgestimmt sind, so geräth auch die gleichstimmige Saite der anderen Violine in Mitschwingungen. Dasselbe ist von den Saiten eines Klaviers, deren Dämpfer man niedergedrückt hat, bekannt; singt man einen Ton kräftig in das Innere des Klaviers, oder gibt ihn einem musikalischen Instrumente an, so klingt die gleichstimmige Saite mit und nach Aufhören des Tones noch nach. Körper von geringer Masse, welche ihre Bewegung leicht abgeben und schnell austönen, wie gespannte Membranen, Saiten einer Violine, sind leicht in Mitschwingungen zu versetzen. Im Allgemeinen sind die Schwingungen, in denen die meisten elastischen Körper durch irgend einen schwachen periodischen Anstoss versetzt werden, pendelartig.

Man kann nun durch das Phänomen des Mitschwingens die zusammengesetzten Klänge physikalisch analysiren. Die einzelnen pendelartigen Schwingungen, welche sie componiren, vermögen gleichgestimmte Saiten oder Membranen in Mitschwingung zu versetzen. Beut man z. B. solche verschieden abgestimmte Membranen mit Sand, so zeigen die Bewegungen des Sandes auf den mit den Partialtönen des Klanges gleichgestimmten Membranen das Vorhandensein dieser Partialtöne in der gesammten akustischen Wellenbewegung des Klanges objectiv an. Ein noch weit feineres Mittel zur Analyse der Klänge bilden die sogenannten Resonatoren (HELMHOLTZ), verschieden grosse oder lange gläserne oder metallene Hohlkugeln oder Röhren, mit zwei Oeffnungen, für einen bestimmten Ton abgestimmt,



welche mit der einen Oeffnung in den Gehörgang eingepasst werden. Die Luft in Verbindung mit dem Gehörgang und dem Trommelfell ein elastisches System, fähig zu eigenthümlichen Schwingungen, unter denen besonders der Grundton tonen stark hervorgerufen werden kann. Findet sich dieser Grundton des Resonanz Tongemisch, so brünst er, wenn das andere Ohr verstopft ist, wobei man den klarmen nur gedämpft hört, mit grosser Stärke in das Ohr. Vorzüglich auf J. H. HELMHOLTZ mit Hilfe sehr verschiedener Resonatoren die klänge der verschiedene mente auf ihre Theiltöne untersucht.

Dieselben klänge auf verschiedenen Instrumenten angegeben unterscheiden haben, wesentlich von einander durch ihre klangfarbe. Auf dem angegebenen Wege kam HELMHOLTZ zu der Erklärung dieser Erscheinung. Die klänge des Geige, der menschlichen Stimme, der Blechinstrumente etc. unterscheiden sich durch die den klang componirenden Theiltöne und ihre relative Stärke. Nicht der Grundton der stärkste, manche Obertöne fehlen oft ganz oder zeichnen sich durch Stärke oder Schwache vor den übrigen aus. Je reicher ein klang an Obertönen brauchbarer ist er in musikalischer Beziehung, doch dürfen sie den Grundton nie überwiegen. der klang erhält sonst den Charakter des leeren, er wird klingert. Obertöne sehr hoch sind. Das Nähere bei HELMHOLTZ, Lehre von den Tönen und der Menschenstimme hat schon Capitel XVI ihre Darstellung in der vorliegenden gefunden.)

Man hätte annehmen können, dass nicht nur die Obertöne, sondern auch Grenzen die klangfarbe erzeugen könnten. Das Experiment weist diese Vermuthung So müssen wir also annehmen, dass unser Ohr im Stande ist, die klänge in ihre zerlegen und auf diese Weise — wie durch die Anwendung der Resonatoren — die Anwesenheit, sondern auch ihre relative Stärke zu bestimmen. Erst das Central Gehörssinnes vereinigt wieder die getrennten Empfindungen bis zu einem gewissen einer Mischempfindung. Wir haben hier also analoge Verhältnisse wie bei dem mit dem Auge. Auch dort mussten wir annehmen, dass auf der Netzhaut die welche den klängen entsprechen, in die Grundfarben zerlegt werden, auch dort der Akt der Mischungsempfindung erst in dem Centralorgane wahrscheinlich.

HELMHOLTZ entwickelte hieraus seine schon erwähnte Hypothese, die unten ausgeführt werden soll, und die im Allgemeinen auf dem Satze basiert, dass der Gehörgänge die periodischen Schwingungen der klänge in ihre einfachen Schwingungen Töne nach dem Gesetz des Mitschwingens durch gleichge schwingende Theile im Ohre selbst zerlegt werden.

Von den bisher besprochenen klängen, die als einfache Summen von Obertönen zusammenfassen sind, müssen die Kombinationstöne unterschieden werden. Es kommt Umstanden — wenn die durch zwei gleichzeitig vorhandene Töne gesetzten Dichtungsänderungen der Luft nicht sehr klein sind — in der Luft selbst schon zusammenbewegungen zu Stande, die als neue Töne wahrgenommen werden. Es summieren die Schwingungszahlen der sich vereinigenden Töne, so dass der Kombinationston in gleicher Zeit soviel Schwingungen besitzt, als die Summe oder Differenz der Schwingungszahlen der Grundtöne beträgt. Nicht nur die Grundtöne, sondern auch Obertöne solchen Kombinationstönen verschmelzen.

Zeichnen wir uns einen Ton als eine regelmässige Wellenlinie auf, so lässt sich anschaulich machen, wenn wir eine vollkommen gleiche Wellenlinie so in die andere zeichnen, dass die zweite gerade um eine halbe Wellenlänge später beginnt als die erste, durch beide Wellen vernichtet werden, wie bei Tönen, welche in genauem Einklang in Ruhe eintreten kann, wenn sie gerade um eine halbe Wellenlänge sich unterscheiden. Tönen, welche in der Höhe etwas verschieden sind, deren Wellen sich also nicht genau decken, entsteht unter den angegebenen Umständen nicht Ruhe sondern nur periodische Schwankungen der Tonstärke, sogenannte Schwebungen. Nur wenn diese Schwebungen

Folgen, lassen sie sich noch als einzelne »Schläge« empfinden, wenn sich dieselben so rasch folgen, dass sich die Einzeleindrücke verwischen, wird die Klangmasse wild und rau und macht auf das Gehör den unangenehmen, stossenden Eindruck der Dissonanz, die HELMHOLTZ mit der Empfindung des Flackerns eines Lichtes vergleicht. Am stärksten der unangenehme Eindruck der Dissonanz, wenn sich in der Secunde die Schwebungen mal wiederholen, erfolgen sie öfter, so nimmt, ohne dass der Charakter der Empfindung ändert wird, die Unannehmlichkeit derselben ab. Auch Obertöne und Kombinationstöne geben Veranlassung zu Schwebungen und damit zur Dissonanz. Es tritt unter allen Umständen der Eindruck der Dissonanz nur dann ein, wenn das Intervall der beiden schwebenden Töne nicht zu gross ist, weil sonst zwei Court'sche Fasern resp. Akustikusfasern erregt werden würden, deren gemeinschaftlicher Erregungszustand sich nicht stört (HELMHOLTZ).

Durch die Konsonanz oder Dissonanz der Obertöne unterscheiden sich die Intervalle der musikalischen Tonleiter wesentlich von einander. Bei der Oktave z. B. fallen alle Obertöne der Grundtöne zusammen, so dass keine Schwebungen entstehen können, die sich aber bei geringster Unreinheit der Instrumentalstimmung sogleich ergeben. Andere Intervalle werden auch bei vollkommen reiner Stimmung aus dem entgegengesetzten Grunde leicht rau, so z. B. die grosse Septime und die kleine Secunde, bei denen die Obertöne nur um einen Halbton auseinander stehen. Man kann darnach die Intervalle in 5 Abtheilungen eintheilen:

1) Absolute Konsonanzen — alle Obertöne fallen zusammen —: Oktave, Duodezime, Doppeloktave.

2) Vollkommene Konsonanzen — die nicht zusammenfallenden Obertöne kommen nicht so nahe zu liegen, dass sie bedeutende Rauigkeiten geben könnten —: Quinte, Quarte.

3) Mittlere Konsonanzen — in tieferen Lagen merklich rau —: grosse Septe, kleine Terz.

4) Unvollkommene Konsonanzen: kleine Septe, kleine Terz.

5) Dissonanzen, die selbstverständlich wieder eine Eintheilung nach verschiedenen Stufen der Rauigkeiten erlauben. —

Der Accord entsteht dadurch, dass drei Töne zusammen kommen. Er kann natürlich dann konsonant sein, wenn seine Intervalle konsonant sind. Bei den Mollaccorden kommen die Kombinationstöne theils dem Accorde fremde Töne, theils kommen sie einander und primären so nahe, dass Dissonanzen entstehen, die nur wegen der Schwäche der Kombinationstöne den Accord selbst nicht merklich stören, ihn aber doch etwas unklar erscheinen lassen, worauf es beruht, dass die Mollaccorde so geeignet sind, unklare, trübe Gemüthsstimmungen zum musikalischen Ausdruck zu bringen. Die Melodie, eine Bewegung der Töne in der Zeit, setzt ausser dem Takte noch eine feste Tonleiter voraus, welche auf Verwandtschaft der Klänge unter einander beruht. Bei den Oktaven ist die Verwandtschaft vollkommen, die Partialtöne sind gleich, es kommen keine neuen hinzu; so kommt es, dass man die ganze Tonmasse zuerst in eine Reihe von Oktaven eintheilt. Bei den anderen Intervallen kommt stufenweise Neues hinzu, was die Verwandtschaft dann mehr oder weniger lockt (HELMHOLTZ).

Die hohe Ausbildung des Gehörorganes, welche eine Auffassung der Reizverschiedenheiten neben einander liegenden Akustikusendorganen, den Court'schen Fasern oder Hörnerven nach der HELMHOLTZ'schen Hypothese voraussetzt, ist wie beim Auge und dem Tastorgan eine Folge der fortgesetzten Erziehung. Bei dem Neugeborenen ist das Gehörvermögen sehr wenig entwickelt, das stärkste Geräusch scheint keinen besonderen Eindruck auf das neugeborene Kind zu machen. Nach einiger Zeit scheint es die hohen Töne zu vernehmen, meistens wählen die Wärterinnen solche, um seine Aufmerksamkeit zu erregen. Es spricht sich für eine geringe Empfindlichkeit des Hörnerven noch bei dem grösseren Kinde, die höchsten und stärksten Töne liebt es vor Allem, starke, Erwachsenen unangenehme Geräusche scheinen ihm angenehme Eindrücke. Im Alter stumpft sich die Sensibilität des Gehörnerven

mit den übrigen Nervenfunctionen wieder mehr oder weniger ab, so dass Greise meist etwas schwerhörig sind.

C. NÖRR hat unter VIERORDT's Leitung die Gültigkeit des FECHNER'schen psychophysischen Gesetzes auf dem Gebiete der Schallstärke bestätigt. Es bieten die für einen und denselben Procent-Reizunterschied berechneten Werthe des Empfindlichkeitsmaasses nur sehr geringe Abweichungen, die von der absoluten Stärke des Reizes unabhängig sind.

### Die Kopfknochen, das äussere Ohr und der äussere Gehörgang.

**Die Kopfknochen.** Der tief eingeschlossen in dem Innern der Schädelknochen endende Gehörnerv kann nur dadurch von den Schallwellen erreicht werden, dass diese auf Theile des Körpers übergehen, und in diesen bis zu den akustischen Endorganen sich fortpflanzen. Den Hauptweg der Schallleitung bilden die specifischen Apparate des Gehörorgans selbst; aber die Schallwellen treffen an der ganzen Körperoberfläche auf elastische Theile, welche in höherem oder geringerem Grade die Schallbewegung zu leiten vermögen. Von den entfernteren Theilen des Körpers können keine Schallwellen bis zu dem Akustikus gelangen, dagegen erscheinen die Kopfknochen zur unmittelbaren Uebertragung von Schallwellen vor Allem fester oder tropfbar flüssiger Körper zum Gehörnerv geeignet. Schlägt man eine Stimmgabel so schwach an, dass sie in der Luft nicht tönt, und setzt sie auf Kopfknochen z. B. auf das Scheitelbein auf, so hört man nun durch die Knochenleitung den Ton. Es ist das ein Versuch, der auch diagnostisch verwerthet wird, um die Functionirung des Akustikus festzustellen. Bei den unter Wasser lebenden Wirbelthieren werden die Schallwellen, welche sich im Wasser fortpflanzen, normal zum grossen Theil zunächst auf die Schädelknochen und durch diese auf den Akustikus übertragen. Bei dem Menschen und den übrigen in der Luft lebenden Wirbelthieren ist die Aufgabe der Knochenleitung eine untergeordnete, mehr zufällige, und zweifellos können die Schallwellen der Luft nur in geringer Intensität auf diesem Wege geleitet werden. Immerhin verbindet sich diese Leitung stets mit der Leitung auf dem Hauptwege und kann diese in besonderen, z. B. krankhaften Fällen bis zu einem gewissen Grade ersetzen.

**Das äussere Ohr** hat bei vielen Thieren eine im Allgemeinen trichterförmige Gestalt und kann durch Muskeln in die Schallrichtung eingestellt werden, hier ist seine Hauptwirkung als Hörrohr unzweifelhaft. Auch das menschliche äussere Ohr scheint bis zu einem gewissen Grade diese Aufgabe zu erfüllen, doch ist bei ihm die Trichterform weniger ausgesprochen und seine Bewegungsfähigkeit meist ganz verloren gegangen. Die von der Anatomie beschriebenen Muskeln für die Bewegung des äusseren Ohres im Ganzen, für das Vor- und Rückwärtsdrehen und Heben der Ohrmuschel, sowie die zwischen Abschnitten des Ohrknorpels verlaufenden Muskeln, können wegen mangelnder Uebung nur von Wenigen willkürlich in Thätigkeit versetzt werden. Die mannigfachen leistenartigen Vertiefungen und Vorsprünge der muschelförmigen Oberfläche sollten nach älteren Physiologen (BOERHAVE) alle die Ohrmuschel treffenden Schallwellen in solcher Richtung reflektiren, dass sie in den äusseren Gehörgang eingeworfen würden. ESSER's und HARLESS' Versuche haben diese Mei-

ung im Allgemeinen widerlegt. Der Werth der Ohrmuschel ist bei dem Menschen ein ziemlich geringer. Für die Reflexion ist vorzüglich nur die Concha tätig, sie wirft die sie treffenden Schallwellen der Luft gegen den Tragus, von wo sie in den Gehörgang gelangen; die übrigen Unebenheiten des Ohres scheinen die Reflexion wenig oder nicht zu unterstützen. Das äussere Ohr ist aber nicht nur Reflector, sondern als eine freistehende elastische Platte auch ein Leiter der Schallwellen. Es nimmt die Schallwellen in grosser Breite auf und leitet sie freilich nur in geringer Intensität zu seiner Ansatzstelle und von da zum Trommelfell und den Kopfknochen. Von diesem Gesichtspunkte aus lässt sich die Wirkung der wunderlichen Bildung des äusseren Ohres mit ihren Unebenheiten, Vorsprüngen und Vertiefungen einigermaßen einsehen. Diejenigen Theile der Ohrknorpelplatte, auf welche die Richtung der Schallwellen senkrecht ist, werden diese auch am stärksten aufnehmen; die Unebenheiten des Ohres sind aber so mannigfaltig, dass beliebig gerichtete Schallwellen auf die Spitze einer dieser Erhabenheiten senkrecht sein werden (J. MÜLLER). Auch im dem Ohre der Thiere kommt diese Leitung der Schallwellen durch das äussere Ohr in Betracht.

Der äussere Gehörgang, der nach dem mittleren Ohre zu durch das Trommelfell abgeschlossen ist, beginnt mit einer etwas trichterförmigen Erweiterung, welche den Luftwellen in grösserer Ausdehnung den Eintritt gestattet. Er hat die Wirkung eines Hörrohrs. Die zu seiner Mündung gelangenden Schallwellen der äusseren Luft gehen auf die in ihm enthaltene Luftsäule über und nehmen vielleicht niemals direct, sondern erst nach ein- oder mehrmaliger Reflexion an den Wänden des Gehörganges zum Trommelfelle. Die Wände des Gehörganges dienen daneben nach dem oben gesagten auch zur directen Schallleitung zum äusseren Ohrknorpel und den Kopfknochen aus.

Die innere Oberfläche des Gehörganges, welche mit einer Fortsetzung der äusseren Haut gekleidet ist, wird von den Sekreten der hier mündenden Ohrenschmalz- und Talgdrüsen mit einem besonders aus Fett bestehenden Sekret, dem Ohrenschmalz, überzogen. Bei mangelnder Absonderung desselben soll Schwerhörigkeit und Brausen im Ohr beobachtet worden sein. Ohrenschmalzpfröpfe bringen Schwerhörigkeit hervor, wenn sie den Gehörgang vollkommen verstopfen, geringere Hindernisse in dem letzteren erschweren das Hören dagegen nur auffallend wenig. Das Ohrenschmalz enthält ein Albuminat, Olein und Margarin, einen in Wasser löslichen bitteren Stoff und anorganische Salze; nach PERCHOT ist seine Zusammensetzung: 40% Wasser, 26% Fette, 52% Kaliseifen fetter Säuren, 1% unlösliche organische Materie, Spuren von Kalk und Natron. Das Mikroskop zeigt Talgdrüsen und Epithelzellen, freies Fett und Cholesterinkrystalle.

Der äussere Gehörgang ist beim Erwachsenen im Ganzen etwa 3—3,25 cm lang. Das vorderes Drittheil hat eine knorpelige Grundlage. Er stellt eine leicht spiralig gewundene Röhre dar, mit der Richtung nach innen und etwas nach vorn. Er steigt dabei anfangs etwas nach aufwärts, biegt sich dann ziemlich plötzlich und beinahe senkrecht nach abwärts und endet zuletzt wieder etwas an. Zur Untersuchung des Gehörganges muss man daher die Ohrmuschel mit dem knorpeligen Theile des äusseren Gehörganges etwas nach aufwärts ziehen.

Die Weite des Ganges ist am geringsten etwa in seiner Mitte. Der Durchmesser der äusseren Öffnung ist in vertikaler Richtung am grössten, 8—9 mm, die horizontale Ausdehnung am Trommelfell am bedeutendsten, wo sie 6—8 mm beträgt. Der knöcherne Gehörgang bildet eine ovale Lichtung, der grosse Durchmesser des Ovals steht in dem äusseren Abschnitte senkrecht, in dem inneren dagegen schräg. Da das Trommelfell den äusseren Gehörgang

schräg abschliesst, so wird letzterer in seinem inneren Ende von der Paukenhöhle über-  
 Sein inneres Ende zeigt zur Befestigung des Trommelfells eine Furche, welche seinen hi-  
 unteren und vorderen Umfang umgibt: Trommelfellfalz, *Sulcus tympanicus*, nach  
 hat dieser eine Unterbrechung von 2,5—3 mm Länge, den RIVINI'schen Ausse-  
 Direct an dem Trommelfellfalze zeigt sich das innere Ende der GLAZER'schen Spalte,  
 welcher der lange Fortsatz des Hammers befestigt ist, und in welcher das Ligan-  
 mamentum mallei anterius liegt. Die Ebene des Trommelfells bildet zur Mittelebene des Kopfes  
 nach oben und hinten offenen Winkel, mit dem äusseren Gehörgang bildet es einen  
 von etwa  $55^{\circ}$ , die Trommelfelle beider Seiten bilden mit einander einen nach oben  
 stumpfen Winkel von  $120^{\circ}$ — $135^{\circ}$ .

### Zum Bau des mittleren Ohrs.

Die Paukenhöhle (deren Anatomie wir, wie die des ganzen Gehörorgans  
 im Allgemeinen als bekannt voraussetzen) und die in ihr eingeschlossenen  
 Theile dienen dazu, um die Schwingungen der Luft hinreichend kräftig auf  
 Wasser des Labyrinths zu übertragen. Die Paukenhöhle ist von dem inneren  
 Ende des äusseren Gehörganges durch das Trommelfell abgegrenzt, eine durch

Fig. 280.



Querschnitt der Ohrtrumpete mit ihrer Umgebung. 1 Mediale Knorpelplatte. 2 Lateraler Knorpelbogen. 3  
 dilatator tubae. 4 Musc. levator veli palatini. 5 Fibrocartilago basilaris. 6 u. 7 Acinöse Drüsen. 8 Fettschicht  
 der lateralen Wand. 9 Sicherheitsröhre. 10 Hülfsaperte. 11 Falten der Schleimhaut. 12 Lateralwärts abge-  
 des Gewebe.

in einem knöchernen Ringe (cf. oben) ziemlich schlaff (HELMHOLTZ), ausgespannt  
 Membran. Nach innen ist die Paukenhöhle von dem Labyrinthe durch knöch



nde getrennt, in welchen sich zwei direct an das Labyrinthwasser an-  
 zende Membranen verschlossene Oeffnungen, Fenster, finden. In dem  
 ren, dem ovalen Fenster ist die Fussplatte des Steigbügels befestigt,  
 dass derselbe durch die Kette der Gehörknöchelchen mit dem Trommelfelle  
 Verbindung steht, das untere, runde Fenster ist nur durch eine Membran:  
 membrana tympani secundaria, geschlossen. Mit dem oberen Theile der Schlund-  
 le steht die Paukenhöhle durch die mit einer flimmernden Schleimhaut aus-  
 leidete **Eustachische Trompete** in Verbindung, deren dem Schlunde zugekehrte  
 ffnung wie die Mündung einer Tuba erweitert ist, in der Mitte ist sie zu einer  
 illaren Spalte verengt. Ihr gegen die Paukenhöhle zugewendeter Theil be-  
 t eine knöcherne, die übrigen Abschnitte eine knorpelige Grundlage. Der  
 arknorpel stellt in seinem Hauptabschnitte eine winkelig zusammengebogene  
 te dar, die auf Querschnitten als Knorpelhaken erscheint (Fig. 230). Der  
 kürliche **Musculus dilatator tubae** (v. TRÖLTSCHE) vom **Musculus tensor**  
**ati mollis** hat in der ganzen Länge der Ohrtrompete seinen Ansatz an dem  
 npfen Ende der lateralen Knorpelplatte, indem seine platte Sehne mit dem  
 ichondrium des Hakenendes zusammenfliesst. Bei der Zusammenziehung  
 Muskels wird der Haken gegen den Hamulus pterygoideus hingezogen und  
 Tubarspalte, deren Schleimhautflächen in ihrem mittleren Abschnitt direct  
 einander liegen, dadurch eröffnet.

Der **Musculus dilatator tubae** geht nach oben direct in den **Musculus tensor tym-**  
**i** über (v. TRÖLTSCHE, L. MAYER, RÜDINGER). Während der Erschlaffung des Muskels drücken  
 gegen einander federnden Knorpelplatten in dem Mittelstück der Ohrtrompete die Schleim-  
 flächen an einander und verschliessen dadurch hier das Röhrenlumen, der obere Ab-  
 schnitt ist dagegen nicht vollkommen verschlussfähig. RÜDINGER (cf. dessen oben gegebene  
 bildung, Fig. 230) nennt den sich in dem oberen Abschnitt findenden halbcylindrischen  
 m unter dem Knorpelhaken: **Sicherheitsröhre**, seitlich schliesst sich an sie die nur  
 ch die Muskelwirkung zu öffnende **Hülffspalte** an.

Die **Tuba** dient zur Abführung des Secrets der Schleimhaut der Pauken-  
 le sowie ihres eigenen. Ihre wichtigste Aufgabe scheint die zu sein, durch  
 n knorpelig-muskulösen Mechanismus die Paukenhöhle zu ventiliren,  
 Verbindung der Luft der Paukenhöhle mit der äusseren Luft zu unterhalten  
 dadurch für die Schallschwingungen des Trommelfells störende Druck-  
 erschiede auf den beiden Seiten des letzteren zu verhindern oder einge-  
 ene auszugleichen (MACH und KESSEL). Wenn man bei Verschluss von Mund  
 | Nase die Luft im Munde zusammenpresst oder durch Saugen verdünnt, so  
 ; bei Schluckbewegungen mit einem deutlichen Gefühl von Spannung  
 Trommelfell und einem Knacken im Ohre Luft in die Paukenhöhle entweder  
 oder aus ihr heraus (VALSALVA's Versuch). Bei allen Schluckbewegungen,  
 denen der Tensor palati mollis in Thätigkeit kommt, öffnet sich die Tuba,  
 durch etwaige Druckunterschiede zwischen der Luft der  
 1kenhöhle und der äusseren Luft ausgeglichen werden (cf.  
 en). Ob die Tuba eine Rolle bei der Schalleitung spielt und welche, ist  
 h Gegenstand der Controverse; man bringt sie mit dem deutlichen Hören  
 eigenen Stimme in Verbindung. Eine in den Mund gehaltene Uhr hört man  
 och, wenigstens bei geschlossener Tuba, schlecht. Dauernder Verschluss der  
 a bringt Schwerhörigkeit hervor, vielleicht oder wahrscheinlich durch Ver-

änderung des Luftdrucks in der Paukenhöhle und dadurch veranlasste stärkere Trommelfellspannung (cf. unten).

Nach unserer Darstellung ist die Tuba gewöhnlich geschlossen. E. MACH und J. KESSEL machen darauf aufmerksam, dass der Tuba-Verschluss für die Schwingungen des Trommelfells erforderlich ist. Wenn das Trommelfell von beiden Seiten in gleicher Weise den Schallwellen zugänglich wäre, so könnte es durch dieselben nicht in Schwingungen versetzt werden. Andererseits ist aber eine Druckdifferenz zu beiden Seiten des Trommelfells ein beträchtliches Hinderniss der Beweglichkeit desselben. Die Tuba muss daher zur Ausgleichung solcher Unterschiede zeitweilig geöffnet werden können. Diese Oeffnung tritt bei dem Schluckakt ein. Nach SCHWARZE und LUCAS soll bei jeder Athmung sich die Tuba öffnen und der Druck im Trommelfell sich dadurch ändern. MACH und KESSEL führen letzteres auf eine mit der Athmung auf- und absteigende Bewegung des Sekretes in der kapillären Spalte der Tuba zurück, während sie eine Eröffnung der Tuba nur beim Schluckakte zugeben. A. LUCAS behauptet im scheinbaren Gegensatz gegen unsere obige Darstellung, dass bei energischer Erhebung des Gaumensegels, also namentlich während der Schlingbewegungen und der Stimmgebung, der Verschluss der Mündung der Tuba Eustachii eintrete.

**Das Trommelfell** hat im Allgemeinen eine elliptische Form, deren Regelmässigkeit der nach vorn und oben gelegene sogenannte RIVINI'sche Ausschnitt stört. Die längere Axe des Ellipsoides geht von hinten und oben nach vorn und unten, die kürzere von vorn und oben nach hinten und unten. Der längere Durchmesser misst zwischen 9.5—10 mm, der kürzere 8 mm J. KESSEL. Die Mitte des Trommelfells, der Nabel, ist durch den hier an der inneren Seite der Membran befestigten Handgriff des Hammers, welcher durch die Befestigung des Hammers (cf. unten) einwärts gezogen wird, ziemlich stark nach innen gespannt, wodurch die Membran eine trichterförmige Wölbung bekommt, deren Spitze die Spitze des Hammerhandgriffs darstellt. Die Wände dieses Trichters sind gegen seine Oeffnung convex gewölbt, am geringsten ist diese convexe Wölbung an dem von dem Nabel aus nach oben und vorn verlaufenden Meridiane, in welchem der Stiel des Hammers an das Trommelfell sich anlegt. Der kurze Fortsatz an der Basis des Hammerstiels drängt das Trommelfell etwas nach aussen. Das Trommelfell ist in dem Trommelfellsaum mit einem verdickten Saum: Sehnenring, Ringwulst, Annulus tendineus eingefügt. Im Uebrigen ist es nur etwa 0,4 mm dick, lässt aber drei verschiedene Schichten unterscheiden. Seine mittlere fibröse Schicht: Membrana propria s. fibrosa tympani ist nach aussen von einer Schicht der Cutis, nach innen von einer Schicht der Paukenhöhlenschleimhaut überkleidet.

Der Annulus tendineus zeigt ausser feinen elastischen Fasern vorzugsweise radiär verlaufende Sehnenfasern, welche zum grossen Theil aus den radiären Fasern des Trommelfells stammen und von Fasern anderer Richtung dicht durchflochten sind. Nach vorn und hinten stehen die Fasern des Ringwulstes in continuirlicher Verbindung mit den Fasern der Cutis und des Periosts des Gehörgangs sowie mit denen des Periosts und der Schleimhaut der Paukenhöhle. Am RIVINI'schen Ausschnitt fehlt der Ringwulst, hier verlaufen die Fasern theils direct in die Grundlage der Cutis und des Periosts des Gehörgangs, theils wenden sie sich nach unten zur Anlagerungsstelle des kurzen Hammerfortsatzes, dadurch wird ein dreieckiger oder halbmondförmiger Raum, die Membrana flaccida, des Trommelfells gebildet; hier zeigt das Trommelfell eine geringere Spannung und ist häufig in die Paukenhöhle etwas eingesunken.

Die Membrana propria tympani lässt auf der äusseren Seite radiär.

der inneren circular verlaufende Fasern erkennen, zwischen welche sich von unregelmässigerem Verlaufe einschieben. Für ihre radiären Fasern ist in der Hauptsache die Spitze des Hammerstiels das Ausstrahlungscentrum, ist deren Schicht am dicksten. Umgekehrt verdickt sich die Schicht der ulären Fasern gegen die Peripherie zu und umgibt wulstförmig den Rand eigentlichen Trommelfells, an der äussersten Peripherie fehlen die Circular- (GERLACH). Im Ganzen ist das Trommelfell nicht eine elastische nachgiebige, sondern eine fast unausdehnsame Membran (HELMHOLTZ).

Die drei Gehörknöchelchen bilden die bekannte gebogene Kette zwischen Trommelfell und ovalem Fenster.

An dem Körper des Hammers befindet sich nach oben durch eine leichte Einschnürung abgegrenzt der rundliche Kopf, der nach hinten und innen die im Allgemeinen sattelförmig gestaltete Gelenkfläche mit dem Amboss trägt. Nahezu in der Verlängerung des Halses geht der Handgriff oder Hammerstiel ab, der mit von aussen nach innen spatelförmig abgeflachten Spitze im Trommelfell befestigt ist. Der zarte lange Fortsatz des Hammers ist in der Fissura stapedialis durch Bandmasse gehalten. Der kurze Fortsatz, welcher unter dem Hals nach aussen abgeht, legt sich mit seiner konischen Spitze an das Trommelfell an. Der Amboss ähnelt einem zweiwurzeligen Backenbein, dessen Krone die Gelenkfläche mit dem Hammer trägt. Sein kurzer vorderer Ast wendet sich nahezu horizontal nach rückwärts und ist durch Bandmasse straff an die hintere Wand der Paukenhöhle befestigt. Der hintere Ast oder Schenkel ragt allmählig schmaler werdend nahezu parallel dem Hammerstiele (HELMHOLTZ) frei in die Paukenhöhle hinein, an seinem Ende verjüngt er sich nach innen und verdünnt sich ziemlich bedeutend. An seinem inneren Ende sitzt ein, bei Erwachsenen meist mit dem langen Ambossast fest verwachsenes rundes Knöchelchen, Ossiculum lentilliforme s. Processus lenticularis, welches mit dem Knopf des Steigbügels, der dazu einen leichten überknorpelten Eindruck zeigt, artikuliert. Durch die beiden Schenkel ist der Knopf des Steigbügels mit seiner Fussplatte verbunden, welche in dem Sulcus stapedis des ovalen Fensters sitzt. Die Fussplatte hat, wie das ovale Fenster, eine nierenförmige Gestalt und biegt sich gegen den Vorhof etwas aus. Der vordere Schenkel ist gerade und etwas kürzer als der stärker gekrümmte hintere Schenkel des Steigbügels.

**Verbindung der Gehörknöchelchen.** — Der Hammer ist an dem Trommelfell durch einen kurzen Fortsatz und dem Handgriff befestigt. Das spatelförmige Ende des letzteren wird von Fasern, die dem Perioste angehören, kreisförmig umzogen: im unteren Theile kommen sich auch radiär und gekreuzt verlaufende Fasern dazu. Mit dem Periost des oberen Endes des Hammergriffs ist die Sehnenhaut des Trommelfells nur durch lockeres Bindegewebe verbunden, so dass eine geringe Verschiebung möglich ist (KESSEL). Von Anderen ist eine unvollkommene gelenkartige Verbindung gegen den kurzen Fortsatz hin zwischen Knochen und dem Trommelfell beschrieben. An der Anlagerungsstelle des Knochens ist das Trommelfell verdickt zum Theil durch Einlagerung faserknorpeligen Gewebes, zum Theil durch Faserzüge der Cutisschicht (GRUBER). Sonst ist der Hammer durch Bänder in der Paukenhöhle befestigt, von denen man gewöhnlich ein oberes, vorderes und äusseres beschreibt. Nach HELMHOLTZ bilden die hintersten Stränge des Ligamentum mallei externum, unter dem Namen L. m. posticum beilegt, mit den nur durch den Körper des Hammers getrennten, in der directen Verlängerung der ersteren liegenden mittleren stärksten Bänder des Ligamentum m. anterius in mechanischer Beziehung ein Band, das Axenband

Fig. 231.

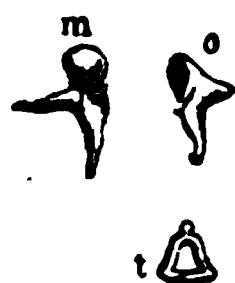


Fig. 232.



des Hammers, welches die Drehungsaxe des Hammers darstellt. Das Ligamentum m. anterius besteht aus Fasern, welche von der Spina angularis des Keilbeins entspringen, durch die Fissura Glaseri verlaufen und sich am Hammerhals ansetzen.

Das Hammerambossgelenk ist im Ganzen ein Sattelgelenk. Sein Kapselband ist sehr fest und straff, wodurch die Drehungsmöglichkeit der Knochen gegen einander sehr beschränkt wird, diese beträgt im Ganzen nach HELMHOLTZ kaum  $50^\circ$ . Das Gelenk erlaubt die Drehung um eine quer durch den Kopf des Hammers gegen den kurzen Fortsatz des Amboss hinlaufende Axe. Der Drehung für die Einwärtstreibung des Hammers setzt sich nach HELMHOLTZ ein Paar von Sperrzähnen im Gelenke entgegen; dagegen kann der Hammerstiel auswärts getrieben werden, ohne den Amboss mitzunehmen. Nach RÜDINGER liegt ein 0,04 bis 0,06 mm dicker Faserknorpel, der an einer Seite mit der Kapsel verwachsen ist, zwischen den beiden Gelenkflächen.

Der kurze Ambossschenkel ist durch das straffe hintere Ambossband mit der Paukenhöhlenwand verbunden. Der Schenkel selbst und die Anlagestelle an der Paukenhöhle sind mit hyalinem Knorpel überzogen (RÜDINGER), sonach haben wir hier auch eine Art von Gelenk. Nach RÜDINGER ist die Verbindung des Steigbügels mit dem Amboss ein durch eine Faserknorpelscheibe in zwei Abtheilungen getrenntes Doppelgelenk mit fibröser Kapsel und allseitiger Beweglichkeit, im Allgemeinen eine Arthrodie. Die in die Gelenke der Gehörknöchelchen eingelagerten Knorpelscheiben betrachtet RÜDINGER als elastische Polster mit der Wirkung von Puffern.

Die Verbindung der Fussplatte des Steigbügels mit dem ovalen Fenster entspricht ebenfalls einem Gelenke, sie ist nach RÜDINGER ein Halbgelenk. Die überknorpelten, einander zugewendeten Ränder werden durch elastische Faserzüge, das Ringband des Steigbügels, mit einander verbunden. Die Fasern laufen von den Knorpeln aus gegen einander, wo sie zusammentreffen, entsteht durch netzartige Vereinigung der Gewebsbündel ein mit Flüssigkeit gefülltes Lückensystem (RÜDINGER). Für die Steigbügelbasis bleibt, da die Durchmesser des ovalen Fensters durch den Knorpelbeleg verkleinert, die der Fussplatte dagegen vergrößert werden, ein nur sehr geringer Spielraum der Beweglichkeit. Am hintersten Anfang ist die Verbindung am festesten.

Entgegen den Anschauungen RÜDINGER's u. A., dass die Verbindung der Gehörknöchelchen durch Gelenke hergestellt sei, steht die Angabe G. BRÜNNER's, nach welcher Gelenke gar nicht vorkommen, sondern die Knöchelchen durch Symphysen mit einander verbunden sind.

An den Gehörknöchelchen greifen bekanntlich zwei quergestreifte, willkürliche Muskeln an. Die Fasern des Trommelfellspanners, *M. tensor tympani*, für seinen dünnen 1,2—1,6 mm langen Muskelbauch entspringen (cf. oben) vom knorpeligen Theil der Ohrtrompete und den angrenzenden Keilbeinpartien, der Muskelbauch dringt in den über dem knöchernen Abschnitt der Tuba gelegenen Canalis tensoris tympani ein, an dessen Wänden noch einige seiner Fasern ihren Ursprung nehmen. Der Verlauf des Muskelbauchs in seinem Canale ist nahezu horizontal von vorn und innen nach hinten und aussen bis an das vordere Ende des ovalen Fensters, hier biegt sich seine dünne Sehne ziemlich in rechtem Winkel über den Rand des als Rolle dienenden Processus trochleariformis und setzt sich an den Rand des oberen Endes des Hammergriffs an. Zu dem Muskel gelangt aus dem Ganglion oticum ein kleiner Nervenzweig, der vom Trigemini ab stammt. Der Steigbügelmuskel, *M. stapedius*, entspringt dicht an dem absteigenden Theile des Fallopischen Canals, aus dem seine feine Sehne in die Trommelhöhle austritt, um sich an den Knopf des Steigbügels und an die Kapsel des Ambosssteigbügelgelenkes anzusetzen (RÜDINGER). RÜDINGER beschreibt als *M. fixator baseos stapedis* ein aus spindelförmigen Zellen bestehendes Bündel, welches von einem feinen Knochenvorsprung hinter dem eiförmigen Fenster entspringt und sich mit breiter werdender Basis im Winkel zwischen dem Steigbügelschenkel und dem etwas abstehenden Theil der Fussplatte, sowie an ihrem oberen Rand befestigt. Man kann ihn als Antagonist des

illkürlichen *Musculus stapedius* auffassen, er fixirt die Basis an jener Stelle, welche durch die einseitige Wirkung des *M. stapedius* gegen den Vorhof bewegt wird (RÜDINGER).

Unter die anatomischen Bildungen des mittleren Ohres gehören noch die **Zellenräume** des Warzenfortsatzes, welche unter sich communicirende und mit der Paukenhöhle durch das Antrum mastoideum zusammenhängende Höhlungen darstellen. Sie sind mit einer äusseren Fortsetzung der Paukenhöhlenschleimhaut ausgekleidet. Der Rauminhalt der Trommelfellhöhle darf nicht unter eine gewisse Grenze sinken, um die Trommelfellschwingungen nicht zu beeinträchtigen. Wäre die Luftmasse sehr klein, so würde sie grösseren Schwingungen des Trommelfells bald unüberwindliche Hindernisse entgegensetzen. Die Hohlräume des Warzenfortsatzes vergrössern den Trommelfellraum, ohne, ihrer unregelmässigen Gestalt wegen, der Resonanz nachtheilig zu werden (MACH und KESSEL).

Die Schleimhaut der Paukenhöhle steht im Zusammenhang mit der Tuba. Sie überkleidet nicht nur die Wände der Trommelfellhöhle, sondern auch die in dieser gelegenen Theile, zu diesem Zwecke steigen zwei Falten vom Dache der Höhle herab, von denen die vordere die Sehne des *Tensor tympani*, die hintere den Steigbügel überkleidet. Auf den Hammer und Amboss geht die Schleimhaut der äusseren Wand über. Die oberste Schleimhautschicht bilden ziemlich hohe flimmernde Cylinderzellen, die Höhe der Zellen nimmt an der Trommelfellgrenze allmählig ab, und das Trommelfell selbst ist von einer einfachen Lage von Plattenepithel überkleidet. Nach v. TRÖLTSCHE und WENDT finden sich in der Paukenhöhlenschleimhaut eine oder mehrere traubenförmige Schleimdrüsen.

### Schallleitung im mittleren Ohr.

Die Schallwellen der Luft werden im mittleren Ohre zum Theil in Schwingungen des Trommelfells und in Bewegung der Gehörknöchelchen umgesetzt und auf diese Weise dem Labyrinthwasser zugeleitet. Ein anderer Theil der Schallwellen geht an die Luft der Paukenhöhle über und kann auf diesem Wege in das Labyrinthwasser und die Enden des Gehörnerven übertragen werden. Dieser letztere Theil der Schallleitung spielt jedoch normal nur eine untergeordnete Rolle, da sich die Schallwellen nur verhältnissmässig schwierig von festen Theilen auf Luft und umgekehrt von Luft auf feste Theile fortpflanzen. Nach ED. WEBER bilden Amboss und Hammer zusammen einen festen Winkelhebel, dessen Drehungsaxe vom *Processus foliatus* des Hammers zur Spitze des Warzenfortsatzes hinläuft, beide werden und mit ihnen der Steigbügel durch die Schwingungen des Trommelfells als Ganzes bewegt, und ebenso ist auch das Labyrinthwasser als eine nur im Ganzen zu bewegende Flüssigkeitsmasse zu betrachten.

JOH. MÜLLER hatte mit SAVARD angenommen, dass in den betreffenden Leitungsapparaten die Schallwellen als Verdünnungs- und Verdichtungswellen fortpflanzen. HELMHOLTZ weist im Anschluss an E. WEBER mathematisch nach, dass diese Annahme wegen der Kleinheit der betreffenden Organe unstatthaft ist. Die Wellenlänge beinahe aller Töne der Scala ist im Verhältniss zur Kleinheit der Apparate des mittleren und inneren Ohres sehr gross. Die Membranen, Gehörknöchelchen, das Labyrinthwasser sind daher in dieser Beziehung als inkompressibel zu betrachten, die Verschiebungen ihrer eigenen Theile im Sinne einer Verdichtungs- und Verdünnungswelle ist vollkommen verschwindend gegen die Amplitude der Schallschwingung; sie können also nur als Ganzes schwingen, und die Schwingung des Trommelfells pflanzt sich so gut wie



momentan auf das Labyrinthwasser und durch dieses fort, alle diese Theile sind immer in gleicher Phase der Schwingung begriffen. Das Gleiche gilt (HELMHOLTZ) bei den tieferen und mittleren Tönen der Scala auch für die im Gehörgang und in der Trommelhöhle enthaltene Luft.

Durch Bewegungen des Trommelfells wird die Kette der Gehörknöchelchen in Bewegung gesetzt. Der Hammer allein würde (HELMHOLTZ) sich dabei um sein Axenband als Axe drehen, durch die Verbindung mit dem Amboss wird seine Drehung etwas modificirt, es treten geringe Verschiebungen des Hammers gegen den Amboss ein, welche nach HELMHOLTZ die Bedeutung haben, dass der Nabel des Trommelfells immer in einer gegen die Ansatzebene senkrechten Richtung bewegt wird, letzterer würde durch die Drehung des Hammers allein, da dessen Axenband gegen die Ansatzebene schief gerichtet ist, etwas nach hinten verschoben werden.

Durch den Zug des M. tensor tympani werden alle Befestigungsbänder der Gehörknöchelchen straff gespannt. Bei seiner Contraction zieht der Muskel zunächst den Hammerstiel und mit ihm das Trommelfell nach innen, nach derselben Richtung zieht er auch das Axenband und strafft dasselbe an. Gleichzeitig wird der Hammerkopf vom Ambospaukengelenk entfernt, dadurch auch die Haftbänder des Amboss gespannt, sowohl die gegen den Hammer als die an der Spitze seines kurzen Fortsatzes, so dass diese etwas vom Knochen abgehoben wird. Der Amboss bekommt dadurch die Stellung, in welcher die Sperrzähne des Hammerambossgelenkes am festesten in einander greifen. Endlich muss sein langer Schenkel die Einwärtsdrehung des Hammerstiels mitmachen, dadurch auf den Steigbügel drücken und dessen Fussplatte in das ovale Fenster gegen das Labyrinth einpressen (HELMHOLTZ). Nach den oben angegebenen Beobachtungen RÜDINGER's bewirkt der M. stapedius eine straffe Anziehung auch des Ambosssteigbügelgelenkes. Durch die Spannung der beiden Muskeln werden also die Verbindungen der Knöchelchen so gefestigt, dass das System mit dem Trommelfell als Ganzes schwingen kann.

Die Beweglichkeit der Steigbügelfussplatte ist, wie directe Beobachtungen von HELMHOLTZ und die oben gegebene Darstellung der Verbindung mit dem eirunden Fenster lehren, eine sehr geringe, die grössten Werthe, welche HELMHOLTZ dafür fand, betrugen zwischen  $\frac{1}{14}$  und  $\frac{1}{18}$  mm. Bei dem Einwärtsziehen des Hammerstiels drückt der lange Ambossschenkel fest auf das Knöpfchen des Steigbügels. Beim Nachauswärtsziehen des Hammerstiels übt dagegen der Amboss normal keinen Zug auf den Steigbügel aus, da dabei die nach dieser Richtung möglichen Drehungen in dem Hammerambossgelenke eintreten. Diese Einrichtung hat den Erfolg, dass das Trommelfell mit dem Hammer beträchtlich nach aussen getrieben werden kann, ohne dass der Steigbügel aus dem ovalen Fenster ausgerissen würde. Gegen zu starke Einwärtsbewegungen des Trommelfells bildet letzteres selbst ein sehr kräftiges Hemmungsband. Die Hauptaufgabe der Gelenke der Gehörknöchelchen scheint also darin zu bestehen, dass sie alle ausgiebigeren Bewegungen des Trommelfells, wie sie normaler Weise vorkommen, möglich machen, ohne dass dadurch die Verbindung des Steigbügels mit dem eirunden Fenster zerstört würde. Die Bewegungen des Steigbügels gehen nicht nur um seine Längsaxe, sondern auch um eine Quersaxe

Fussplatte vor sich. Bei der Einwärtstreibung des langen Ambossschenkels und dessen Spitze und damit das Steigbügelknöpfchen und der ganze Steigbügel etwas gehoben, was durch die ungleiche Festigkeit seiner Befestigung am obern und untern Rand des ovalen Fensters gestattet wird (HENKE, LUCAE, POLITZER). Dadurch wird bei der Einwärtstreibung des Steigbügels in das Fenster der obere Rand der Fussplatte etwas mehr als der untere vorwärtsgeschoben.

Wenn die Gelenke des Hammers und Amboss in der dargestellten Weise durch Muskelwirkung gefestigt sind, so kann man nach HELMHOLTZ das System der beiden Knöchelchen als einen einarmigen Hebel betrachten, dessen Hypocholeon da liegt, wo die Spitze des kurzen Fortsatzes des Amboss sich nach hinten hin gegen die Wand der Trommelhöhle anstemmt. Die Spitze des Hammerhandgriffs stellt den Angriffspunkt der Kraft dar, die Spitze des langen Ambossschenkels den Punkt, der auf die Last wirkt. Diese drei Punkte liegen in der That nahezu in einer geraden Linie. HELMHOLTZ bestimmte die ganze Länge des Hebels zu  $9\frac{1}{2}$  mm, den kürzeren Arm zwischen den beiden Spitzen des Amboss zu  $6\frac{1}{3}$ , so dass derselbe genau zwei Dritttheile des längeren beträgt. Daraus folgt, dass bei gefestetem Hammerambossgelenk die Excursionen der Spitze des langen Ambossschenkels nur  $\frac{2}{3}$  von der des Hammerstiels betragen können, die Grösse des Drucks aber, der auf den Steigbügel ausgeübt wird,  $1\frac{1}{2}$  mal so gross sein als die Kraft, welche gegen die Spitze des langen Ambossschenkels wirkt. So lange die Gehörknöchelchen fest in einander greifen, beschränkt sich die Verschiebung des Hammers und Steigbügels auf Amplituden, die kleiner als 0,1 mm sind. Ohne den Amboss kann der Hammer etwa 1 mal grössere Excursionen ausführen. Der M. fixator bas. stap. kann, wie es scheint, aktiv noch weiter die Beweglichkeit des Steigbügels herabsetzen.

POLITZER befestigte Glasfäden als Fühlhebel an die Gehörknöchelchen und bestimmte durch die Drehungsachsen derselben. Das Trommelfell wurde durch Luftdruck vom Gehörgang aus in Bewegung gesetzt. Er fand, dass die Axe des Hammers durch die Wurzel des Processus folianus geht, die des Amboss durch die Spitze des kurzen Fortsatzes, beide Axen aber nicht fest, sondern beweglich. HELMHOLTZ' Versuche sind grossentheils nach POLITZER's Methode angestellt.

Durch die Contraction des M. tensor tympani wird an sich schon der Steigbügel in das ovale Fenster tiefer eingetrieben, wodurch das Labyrinthwasser einen stärkeren Druck erfährt. POLITZER bewies das experimentell dadurch, dass er an einem frisch getödteten Hunde den halbcirkelförmigen Canal ein Manometer einsetzte, welches bei Reizung des N. trigeminus, von dem der Muskel versorgt wird, einen stärkeren Druck des Labyrinthwassers anzeigte. HELMHOLTZ bemerkte bei anderweitig erzielter Bewegung der Gehörknöchelchen dieselbe Drucksteigerung nach der gleichen Methode. Durch den gesteigerten Druck im Labyrinth werden Bewegungen seiner Flüssigkeit, respective der Membran des runden Fensters in geringerem Grade möglich, eine bestimmte Intensität der Schallschwingungen bringt dann eine schwächere Wellenbewegung in dem Labyrinthwasser hervor. Wir haben hier sonach einen Dämpfungsapparat gegen stärkere Schallschwingungen, das Ohr wird während der Einwirkung vorübergehend etwas schwerhöriger.

**Das Trommelfell.** Gespannte Membranen werden wie gespannte Saiten durch die Schallbewegungen der Luft im Allgemeinen dann in Mitbewegung versetzt, wenn ihre Schwingungszahl, resp. ihr Eigenton mit der des erregenden Tones entweder übereinstimmt oder ein Vielfaches desselben ist. Das Trommelfell unterscheidet sich von einfachen gespannten Membranen akustisch dadurch, dass

es innerhalb gewisser Grenzen von einfachen Tönen und Klängen beliebiger Höhe in Schwingungen versetzt werden kann, welche nach Schwingungszahl und Intensität dem erregenden Tone oder Klange entsprechen. HELMHOLTZ hat die akustischen Eigenschaften einer wie das Trommelfell trichterförmig gekrümmten Membran mit gegen das Lumen des Trichters convexer Wand untersucht. Die Spannung des Trommelfells wird durch den Handgriff des Hammers, der es durch seine Befestigungsbänder und je nach der Spannung des Tensor tympani mehr oder weniger nach innen zieht, bedingt. Die convex gegen das Trichterlumen gekrümmte Form der Radialfasern des Trommelfells wird durch die Spannung seiner Ringfasern vermittelt. Die Schallerschütterung wirkt stets senkrecht gegen die Wölbung der Radialfasern, welche ziemlich flache Bogen bilden. Durch diese Anordnung entsteht, wie HELMHOLTZ mathematisch nachweist, derselbe mechanische Effect, als wirke der Luftdruck am Ende eines sehr langen Hebelarms, während die Spitze des Hammerstiels das Ende eines sehr kurzen Hebelarms bildet. Eine im Verhältniss sehr grosse Verschiebung des Trommelfells in Richtung des auf sie wirkenden Luftdrucks bringt eine relativ kleine Verschiebung der Hammerspitze hervor, und es kann daher schon ein verhältnissmässig geringer Werth des Luftdrucks einer relativ grossen am Hammergriff wirkenden Kraft das Gleichgewicht halten oder eine solche ersetzen. Die Verschiebung des Trommelfells, namentlich seines centralen Abschnitts, ist wenigstens dreimal grösser als die dadurch verursachte Bewegung der Spitze des Hammerstiels. HELMHOLTZ hat an einem in der Form des Trommelfells getrockneten Stück Schweinsblase die akustischen Wirkungen einer ähnlich wie das Trommelfell gekrümmten Membran studirt. Er leitete ihr durch ein aufgesetztes Stäbchen die Schwingungen einer Saite zu. Er fand, dass die gekrümmte Membran trotz ihrer Kleinheit eine mächtige Resonanz zeigte, fast der einer Violine ähnlich, und zwar erstreckt sich diese Resonanz wie beim Trommelfell über einen sehr grossen Theil der Scala, und sie wird namentlich für hohe Töne in der Mitte der viergestrichenen Octave so mächtig, dass sie kaum zu ertragen ist. Umgekehrt konnte auch von der gekrümmten Membran aus die mit ihr verbundene Saite, wenn deren Eigenton angegeben wurde, leicht und stark in Mitschwingungen versetzt werden, so dass die Verhältnisse mit den am Trommelfell beobachteten gut übereinstimmen.

Nachschwingungen des Trommelfells werden durch die grossen Widerstände gegen seine Bewegung, die Verbindung mit den Gehörknöchelchen verhindert.

Das Trommelfell kann in seiner Spannung wechseln sowohl durch die Wirkung des M. tensor tympani als durch Veränderung des Luftdrucks in der Paukenhöhle.

Durch das Einwärtsziehen des Hammerstiels durch den M. tensor tympani wird die Spannung des Trommelfells gesteigert, dasselbe ist durch den gesteigerten Luftdruck der Fall, sowohl wenn wir durch die Eustachische Trompete Luft in die Trommelhöhle pressen, als wenn wir künstlich den Luftdruck auf die Aussenfläche des Trommelfells steigern, dadurch, dass wir durch Herausziehen von Luft aus der Paukenhöhle die Luft in derselben verdünnen, wodurch die Membran stärker nach innen gewölbt wird.

Eine stärkere Spannung des Trommelfells macht dieses im Allgemeinen weniger geschickt, in Schwingungen zu gerathen, sie ist daher ein Dämpfungsmittel für heftige Schallbewegungen (J. MÜLLER). Gleichzeitig wird, wie man sich etwas uneigentlich auszudrücken pflegt, durch die stärkere Spannung das Trommelfell gewissermassen für hohe, durch Abspannung also mehr für tiefe Töne accommodirt. Schon bei gewöhnlicher Trommelfellspannung hören wir sehr tiefe Töne schwächer als hohe. Bei jeder stärkeren Spannung der Membran tritt stets die oben erwähnte allgemeine Schalldämpfung ein (was SCHAPPEL auch für willkürliche Spannung des Tensor bestätigt). Die Dämpfung macht sich am auffallendsten für starke Schallschwingungen bemerklich, dagegen lassen schwache Töne aus den mittleren und höheren Lagen der Scala, und hierin liegt die angegebene Accommodation, eine weniger auffällige Schwächung erkennen, als die tieferen Töne, die man bei stärkerer Trommelfellspannung unter allen Umständen merklich geschwächt hört, während die höheren Töne nun relativ hervortreten. HELMHOLTZ zeigte direct, dass bei Abspannung des Trommelfells auch die Intensität der Empfindung hoher Töne zunimmt, nicht nur die der tieferen. Dagegen sah C. J. BLAKE in zwei Fällen von willkürlicher Contraction des Tensor tympani die Grenze der wahrnehmbaren höchsten Töne während der Contraction um 1500—2500 Schwingungen in die Höhe gehen. Ob die Contraction des Tensor tympani und damit die Spannung des Trommelfells willkürlich oder reflektorisch vom Akustikus oder von den sensiblen Nerven des äusseren Gehörganges aus (HARLESS) verändert wird, ist noch Kontroverse, eine Accommodation der Trommelfellspannung beim Horchen auf höhere Töne wird von MACH und KESSEL nach Versuchen am lebenden Ohr entschieden in Abrede gestellt. Einige können die Spannung des Tensor tympani sicher willkürlich erregen (J. MÜLLER) (cf. unten).

Gegen die HELMHOLTZ'sche Darstellung leitet auch A. LUCAS aus seinen Versuchen ab, dass das Ohr in seinen beiden Binnenmuskeln einen wahren Accommodationsapparat besitze. Die Innervation des Tensor tympani bewirke Accommodation für die in der Musik gebräuchlichen Töne bis zu  $c^6 = 9192$  Schwingungen; die Innervation des Stapedius dagegen für die höheren, in der Musik nicht verwendeten Töne. Wie man den Tensor tympani durch willkürliche Bewegung der Kaumuskeln, so kann man nach A. LUCAS den Stapedius durch willkürliche Actionen des Orbicularis palpebrarum zu Mitbewegungen veranlassen. Durch die Innervation des Stapedius werden die höchsten nicht mehr musikalischen Töne verstärkt, welche durch die Innervation des Tensor abgeschwächt werden.

A. LUCAS hat auch durch Versuche nachgewiesen, dass das Trommelfell die auftreffenden Schallschwingungen theilweise reflectirt. Je stärker die Trommelfellspannung ist, z. B. nach Anstellung des VALSALVA'schen Versuchs, desto stärker ist die Reflexion der Schallwellen. Der bei stärkerer Trommelfellspannung eintretenden subjectiven Dämpfung des Tones, die wir oben beschrieben haben, entspricht objectiv eine stärkere Reflexion, d. h. von den auf die stärker gespannte Membran auftreffenden Schallwellen wird ein geringerer Theil aufgenommen, resp. durchgelassen, ein grösserer Theil wird zurückgeworfen. Mit zunehmender Spannung übert sich bei allen Membranen die akustische Reflexionsfähigkeit mehr und mehr der an einer starren Fläche. LUCAS nennt den zu seinen Untersuchungen benutzten, von QUINCKE angegebenen Apparat: Interferenz-Orthoskop. Der Ton einer Stimmgabel wird durch ein Kautschukrohr in das Ohr geleitet, während ein gabelig getheiltes Seitenrohr zu den Ohren der untersuchten Person führt. Der Untersucher vernimmt also directe und zugleich von dem untersuchten Trommelfell reflektirte Wellen; der Ton der Stimmgabel wird bei bestimmter



Länge des Seitenrohrs durch Interferenz beider Schallwellen um so mehr gedämpft, je mehr die Reflexion ist.

Die oben erwähnte Schiefstellung des Trommelfells vergrössert die Fläche und damit die Schwingungsfähigkeit der Membran. Sie ermöglicht es auch, dass eine grosse Zahl der von den Wänden des äusseren Gehorganges reflektirten Schallwellen auf die Trommelfellebene in senkrechter oder in nahezu senkrechter Richtung auftreffen.

Die Membran des runden und vielleicht auch die Bandverbindung des ovalen Fensters ist an sich schon geeignet, die Erschütterungen der Luft auf das Labyrinth zu übertragen. Daher kann das Gehör durch Luftleitung fortbestehen, freilich merklich schwächer, wenn der Paukenhohlenapparat beschädigt ist, z. B. das Trommelfell perforirt oder die Gelenkverbindung zwischen Amboss und Steigbügel zerrissen oder eine Ankylose zwischen der Steigbügelplatte und dem ovalen Fenster krankhaft oder bei Thieren vielleicht normal GEGENBAUR besteht. WERER-LIEB hat bei dieser Luftleitung im mittleren Ohr die Schwingungen der Membran des runden Fensters direct beobachtet.

### Der Bau des Labyrinths und die akustischen Endapparate.

Das Labyrinth ist der innerste Abschnitt des Gehörorgans, in ihm finden sich die Nervenendigungen des Akustikus. Das Labyrinth bildet eine Ausbuchtung des Felsenbeins, seine Wände sind mit Ausnahme des ovalen und runden Fensters knöchern. Der Verschluss des ovalen Fensters wurde oben besprochen. Die Membran des runden Fensters, die Membrana tympani secundaria, wird von der Schleimhaut der Paukenhöhle und dem Periost der Schnecke gebildet und besteht aus zwei Lagen, von denen die äussere, der Schleimhaut zugehörig, eine stärkere ist.

In dem knöchernen Labyrinth, mit seinem Vorhof, den halbkreisförmigen Canälen und der Schnecke finden sich ziemlich allseitig von der Perilymphe umgeben Labyrinthwasser, umspült die Gebilde des häutigen Labyrinths, welche ebenfalls mit einer wasserigen, eiweisshaltigen Flüssigkeit, der Endolymphe erfüllt sind. Sie schliessen sich zum grössten Theil in ihrer Form ziemlich innig den Formen des knöchernen Labyrinths an. Das Labyrinth, von dem man früher glaubte, dass es in der Perilymphe schwimmt,

hängt mit dem Perioste, welches die inneren Wände des knöchernen Labyrinths auskleidet, an einigen Stellen durch starke, Blutgefässe führende Bindegewebszüge. Ligamenta labyrinthi canaliculorum et sacculorum verbinden die häutigen Bogengänge mit dem Periost durch eine bindegewebige Brücke festigt.

Auf dem Querschnitt lässt die Wand des häutigen Labyrinths vier Schichten unterscheiden. Zu äusserst ein Bindegewebsstratum, auf welchem eine hyaline Tunica propria aufliegt, von welcher sich RUDINGER als normale papillenartige Vorsprünge erheben. Die innerste Schicht bildet der Hauptnach in den Gängen ein einschichtiges Pflasterepithel, in den Sackchen und Zellen durchgehends etwas cylindrisch. Soweit aber die Verbreitung des Gehörnerven im häutigen Labyrinth reichen, findet sich konstant ein meist reich pigmentirtes, eigenartiges Epithel — Nervenepithel.

Das häutige Labyrinth zerfällt in zwei Hauptabschnitte, der eiförmige Vorhof des knöchernen Labyrinths und seinen halbkreisförmigen Canälen, die fast 2/3



**Kreises** umfassen, entspricht das eiförmige Säckchen, *Utriculus vestibuli*, mit den häutigen Bogengängen; letztere stehen mit dem eiförmigen Säckchen, der grössten Bildung des häutigen Labyrinths, in offener Verbindung, die Bogengänge besitzen der Ampullenöffnung der knöchernen Canäle entsprechende ampullenförmige Erweiterungen. Die häutigen Bogengänge zeigen nur etwa den dritten Theil des Durchmessers der knöchernen Gänge, deren ovales Lumen im langen Durchmesser 1,2—1,7, im kurzen 0,8—1 mm beträgt.

Das nahezu kugelige runde Säckchen, *Sacculus rotundus*, liegt in dem unteren und vorderen Theile des Vorhofs, dicht an dem Eingang der Vorhofstreppe. Es ist nach hinten und oben mit der Wand des ovalen Säckchens zu dem Septum verwachsen. Nach unten verlängert es sich zum *Canalis reuniens* (HENSEN u. v. A.), einem engen Canal, der zur Vorhofstreppe hinzieht und sich hier rechtwinkelig mit dem häutigen Schneckengang, dem *Ductus cochlearis*, verbindet, und zwar unmittelbar nach innen von dem sogenannten blinden Anfang dieses Ganges, dem Vorhofsblindsack (cf. die Abbildung bei der vergleichenden Anatomie des Ohres). Durch den häutigen *Aquaeductus vestibuli* (*Ductus endolymphaticus*) sind die beiden Säckchen in Verbindung gesetzt, so dass demnach der ganze mit der Endolympe gefüllte Hohlraum des häutigen Labyrinths in offener Verbindung steht, während Perilymphe und Endolympe nirgends communiciren. Der häutige *Aquaeductus* theilt sich in der Nähe der Säckchen in zwei hohle Zweige, von denen der eine in das runde, der andere in das ovale Säckchen übergeht; nach hinten endigt er, nachdem er den knöchernen *Aquaeductus vestibuli* durchsetzt hat, in einer blasenartigen, flachgedrückten, blinden Erweiterung, welche, 1—2 cm breit, ausserhalb des Felsenbeins, diesem zum Theil direct anliegend, zum Theil mit der *Dura mater* innig vereinigt, gleichsam frei in der Schädelhöhle liegt (BÖTTCHER, HASSE, RÜDINGER u. A.) Der häutige Schneckengang, der um eine knöcherne Axe, den *Modiolus*, der Schnecke spiralig aufgewunden ist, endet nach oben blind in dem sogenannten Kuppelblindsack (REICHERT). In den *Canalis reuniens* und in die beiden Blindsäcke des Schneckengangs treten keine Akustikusfasern ein, das Epithel ist kurzcyllindrisch wie in den Säckchen. Die Perilymphe steht durch feine lymphatische Spalträume zwischen der knöchernen und häutigen Wand des *Aquaeductus vestibuli* mit den Lymphbahnen in der Schädelhöhle. zunächst mit dem epicerebralen Raum oder einem im Foramen jugulare gelegenen Lymphsack in Communication (HASSE u. A.)

Das häutige Labyrinth des Menschen und der Säugethiere besteht also im Wesentlichen aus den zwei verwachsenen, aber nur durch den häutigen *Aquaeductus vestibuli* mit einander offen communicirenden Säckchen; von dem eiförmigen Säckchen gehen die drei halbcirkelförmigen Canäle ab; mit dem runden Säckchen verbindet sich (durch den *Canalis reuniens*) der einfache und blind endigende, spiralförmig auf den *Modiolus* der knöchernen Schnecke aufgewundene, ebenfalls häutige *Canalis cochlearis*, der häutige Schneckengang.

Der Gehörnerv theilt sich im inneren Gehörgange (*Meatus auditorius internus*) in den *Nervus vestibuli* und den *Nervus cochleae*.

Der *Nervus vestibuli* verbreitet sich an das elliptische Säckchen und die Ampullen, ohne in die halbzirkelförmigen Canäle selbst einzudringen. In den Ampullen treten die Nerven je an einen durch Einstülpung und Verdickung der

Tunica propria der Ampullenwand erzeugten Wandvorsprung; *Crista acustica* (STEIFENSAND, M. SCHULTZE), um in ihm und seiner nächsten Umgebung in das Epithel einzudringen. Auch in den Säckchen findet sich je ein ähnlicher, aber etwas niedrigerer Vorsprung der Wand: *Macula acustica*, an der die Nerven endigen. An der Nervenausbreitung in beiden Säckchen findet sich ein dem freien Auge sichtbarer weisser Fleck, der durch eine schleimig-häutige Masse an der Innenwand festgehalten wird; er besteht aus doppelt zugespitzten sechseckigen Säulchen von kohlensaurem Kalk, die als Gehörsand oder Gehörsteinchen beschrieben werden (Fig. 233). Auch in der Endolymph der Bogengänge und der Schneckengänge kommen nach HYATL solche Otolithen vor.

Die Akustikusfasern treten, wie es durch M. SCHULTZE erwiesen scheint (REICH, M. SCHULTZE, KÖLLIKER, RÜDIGER u. A.), in das Epithel ein und endigen

Fig. 233.



Otolithen, bestehend aus kohlensaurem Kalk  
(nach FROZE).

in Zellen, die oben je mit einem feinen, borstenförmigen Fortsatz, dem Hörstäbchen, besetzt sind. Das Epithel an den nerventragenden Stellen besteht aus einem mehrschichtigen Cylinderepithel, zwischen welchem sich die Hörstäbchen ausgehenden Zellen einschließen. Die Cylinderzellen, Stützzellen, lassen Zwischenräume und feine Canäle zwischen sich, in welche die Haarzellen oder Stäbchenzellen eingelagert sind, welche Endorgane des Akustikus gelten. Ihre Gestalt ist nach übereinstimmenden Beobachtungen spindelförmig, nach unten zeigen sie ein längliches, sich als feinste Nervenfaser charakterisierenden Ausläufer, nach oben tragen sie einen stäbchenförmigen elastischen Fortsatz.

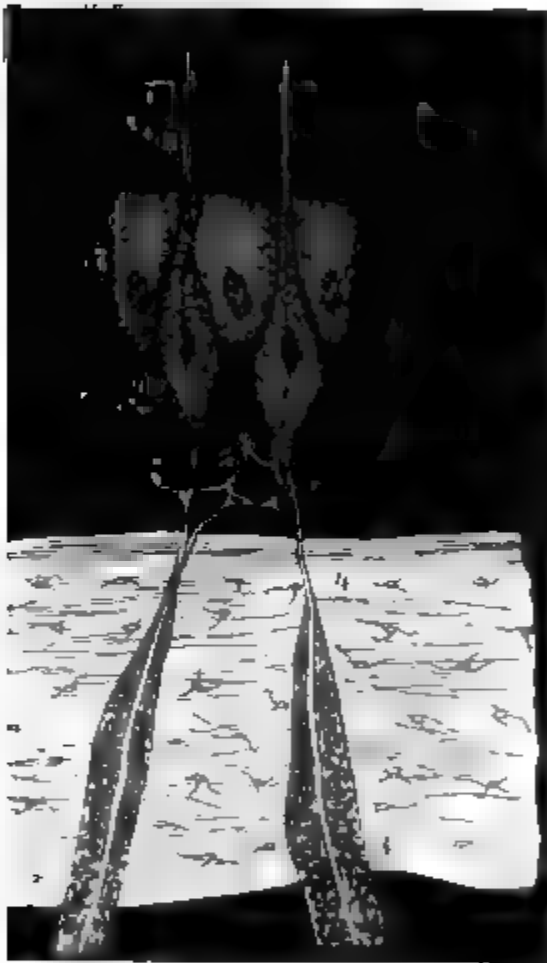
Das Hörstäbchen oder Hörhaar. Die an die Stäbchenzellen herantretenden feinsten Nervenfasern (Axencylinder) scheinen sich nach RÜDIGER'S Beobachtung (cf. dessen Figur 234) durch die Zelle fortzusetzen und sich mit dem Hörstäbchen direct zu verbinden. In den mittleren Theilen des Nervenepithels überwiegen die Stäbchenzellen an Zahl die Cylinderzellen.

Nach M. SCHULTZE sind die in bestimmten Abständen von einander stehenden Hörstäbchen starre, beim Rochen im Durchschnitt etwa 0,06" lange Fasern, welche mit einer breiteren Basis an das Nervenepithel grenzen und sonst vollkommen von der Endolymph umspült werden. U. PITCHARD hat diese Angaben wesentlich erweitert. Er benennt die von allen Beobachtern übereinstimmend beschriebenen, Hörstäbchen tragenden Zellen als Dornzellen und unterscheidet sie von einer zweiten, bisher verkannten, Hörstäbchen tragenden Zellenform: den Borstenzellen (den fadenförmigen Zellen MAX SCHULTZE'S und EBNER'S, den isolirten Zellen HASSE'S, den dreieckigen Zellen RÜDIGER'S), an denen bisher noch Niemand Hörstäbchen nachgewiesen hatte. Die Borstenzellen besitzen einen pyramidalen Körper mit ovalem Kern, die breiten Borsten dieser Pyramiden bilden in ihrer Gesamtheit die Oberfläche des Epithels. Von der breiten Oberfläche einer jeden dieser Zellen entspringt scharf abgesetzt (und nicht wie bei den Dornzellen allmählig sich ausziehend) ein einzelnes Borsten-

en. Beide Zellenarten besitzen je einen central gerichteten Fortsatz, in einer spindelartigen Anschwellung einen zweiten Kern enthält. Das Epithel ist von einer dicken Cuticularmembran bedeckt, welche die Hörzellen in ihrer Lage fixiert und nur von den Stäbchen beider Zellenarten durchsetzt wird, sie ist analog der Membrana reticularis des Corti'schen Organs und nach PITCHARD zu benennen. Gegen das Centrum jeder Macula acustica stehen die Borstenzellen paarweise neben einander, die Borstenzellen sind hier auf ihre Basenabschnitte reducirt.

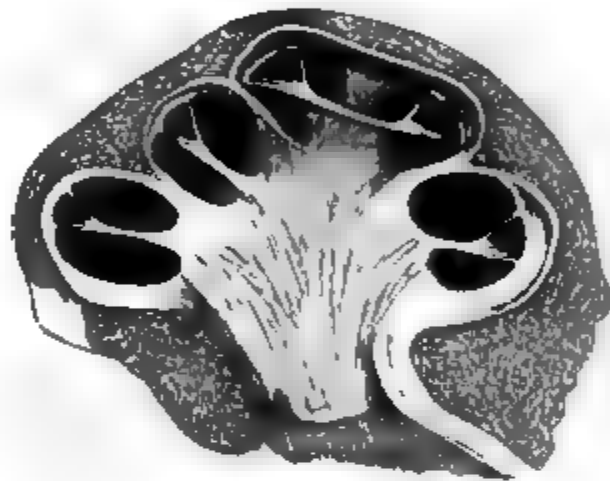
Die knöcherne Schnecke des Labyrinths erhält den Namen nach ihrer Ähnlichkeit mit einem Schneckengehäuse (Fig. 235). Der Innenraum wird

Fig. 234.



der Nervenendigung. 1 Knorpel der Ampulla. 2 Structurloser Basalsaum. 3 Doppelte Nervenfasern. 4 Axencylinder durch den Basalsaum. 5 Netzförmige Verbindung der feinen Nerven mit Kernen durchsetzt. 6 Spindelzellen und dem dunklen Faden im Innern. 7 Stütz-  
zellen. 8 Hörhaar.

Fig. 235.



Senkrechter Durchschnitt durch die Schnecke eines älteren Kalbembryo, deren Gehäuse mit Ausnahme einer kleinen knorpeligen Stelle schon verknöchert war, während die Spindel und Spirallamelle noch häutig waren. In allen Windungen ist der Canalis cochlearis sichtbar, dessen Höhe 0,250", die Breite 0,200" betrug, wobei zu bemerken, dass die scheinbar größere Breite derselben in der Kuppel daher rührt, dass der Schnitt hier seitlich neben dem Spindelblatte vorbeiging. Im Canalis cochlearis sind die Habenulae salicariae und die zwei Epithelialwülste auf der Membrana basilaris sichtbar. Vergröss. 6 mal. Breite der Schnecke an der Basis  $3\frac{1}{2}$ ", Höhe derselben  $2\frac{1}{2}$ ".

durch das an die Spindel, Modiolus, befestigte Spiralblatt (Lamina spiralis ossea) in zwei Höhlungen, Treppengeheilt, von denen die der Basis nähere untere an dem runden Fenster beginnt (sie ist durch die Mem-

bran des runden Fenster, die Membrana tympani secundaria, von der Paukenhöhle getrennt) und darum den Namen Scala tympani erhält, während die obere: Scala vestibuli, welche von der Basis der Schnecke weiter nach oben ist, mit dem Recessus hemisphaericus des Vorhofs in Verbindung steht. Die Lamina spiralis ossea reicht nicht von der Spindel bis zur gegenüberstehenden Wand, sie setzt sich an die letztere durch eine Hautlamelle (cf. S. 925),

die *Lamina spiralis membranacea*. an. In der Schneckenkuppel communiciren die beiden Treppen mit einander durch eine feine Oeffnung, das Helikotrema. Ausser diesen beiden Treppen enthält der mit dem Labyrinthwasser erfüllte Schneken canal noch einen mittleren engen, mit Endolymph gefüllten Raum, den häutigen Schneken canal, den der Entdecker desselben, REISSNER, als *Canalis cochlearis* beschreibt. Dieses Organ ist das wichtigste in der gesamten Schnecke. Der Schneken canal wird nach innen und oben durch eine von der *Lamina spiralis membranacea* sich in die *Scala vestibuli* hinein erhebende Membran, die sich an der Wand ansetzt, die REISSNER'sche Haut, abgegrenzt. Er stellt demnach einen dreieckigen Raum auf dem Durchschnitt dar, welcher als Basis die *Lamina spiralis membranacea* s. *Membrana basilaris*, als die innere Seite die REISSNER'sche Haut, als äussere Seite die der Knochenwand der Schnecke anliegende Haut besitzt (Fig. 235). Nach der oben gegebenen Darstellung des häutigen Labyrinths ist der häutige *Canalis cochlearis* um den **Modiolus der Schnecke**, an die *Lamina spiralis ossea* angelegt, spiralig gewunden, woraus die eben besprochenen Verhältnisse sich erklären.

Die fibröse Grundlage der *Lamina spiralis membranacea* s. *Membrana basilaris* im mittleren Schneken gange zeigt sich in ihrer ganzen Ausdehnung radial gefasert. Sie trägt in einem eigenthümlich umgewandelten Epithel die Endorgane der Schneken nerven, nach ihrem Entdecker werden diese Endorgane **Corti'sches Organ** genannt. Parallel mit der *Lamina spiralis membranacea* dicht über ihr ist, von der REISSNER'schen Haut entspringend, eine feine, zum Corti'schen Organ zu rechnende Membran ausgespannt, die Deckhaut, *Membrana tectoria*. Sie trennt (unvollkommen ?) den häutigen Schneken canal in zwei sehr ungleiche Abtheilungen, zwischen ihr und der REISSNER'schen Haut ist ein verhältnissmässig weiter Raum, zwischen ihr und der *Lamina spiralis membranacea* bleibt nur ein feiner Spalt, in welchem sich die übrigen Gebilde des Corti'schen Organs befinden.

Das Epithel des häutigen Schneken canals zeigt auch, abgesehen von dem Corti'schen Organe, einige Verschiedenheiten. Auf der REISSNER'schen Haut besteht es aus einer Lage ziemlich grosser flacher Pflasterzellen, die übrigen Partien des Canals zeigen kleinere und dickere Elemente gegen das Corti'sche Organ hin, die endlich in ansehnlich verlängerte, cylindrische Formen übergehen.

Nach der Darstellung WALDEYER's, der wir uns hier vorzüglich anschliessen stellt den Mittelpunkt des Epithels der *Membrana basilaris* das Corti'sche Organ dar. Als die centrale Stütze des Corti'schen Organs selbst, um welches sich dasselbe in seitlicher Symmetrie gruppirt, dienen die Corti'schen Bogen oder Stäbchen. Die letzteren überrücken die Basilarmembran und bestehen aus den inneren und äusseren Pfeilern. An die massiveren inneren Pfeiler, die Stege, schliesst sich die Reihe der inneren Haarzellen und die Körnerschicht an, von hier an dacht sich, indem die anstossenden Epithelzellen an Höhe abnehmen, das Organ nach innen zu ab. Auf der äusseren Seite des Organs findet sich ebenfalls eine der Gestalt der Bogen entsprechende Abdachung. An die äusseren dünneren und schlankeren Pfeiler, die Saiten, schliessen sich zunächst die Reihen der äusseren Haarzellen und an diese die cylindrischen Stützzellen HENSEN's an. Epithelzellen, welche mit wachsen-

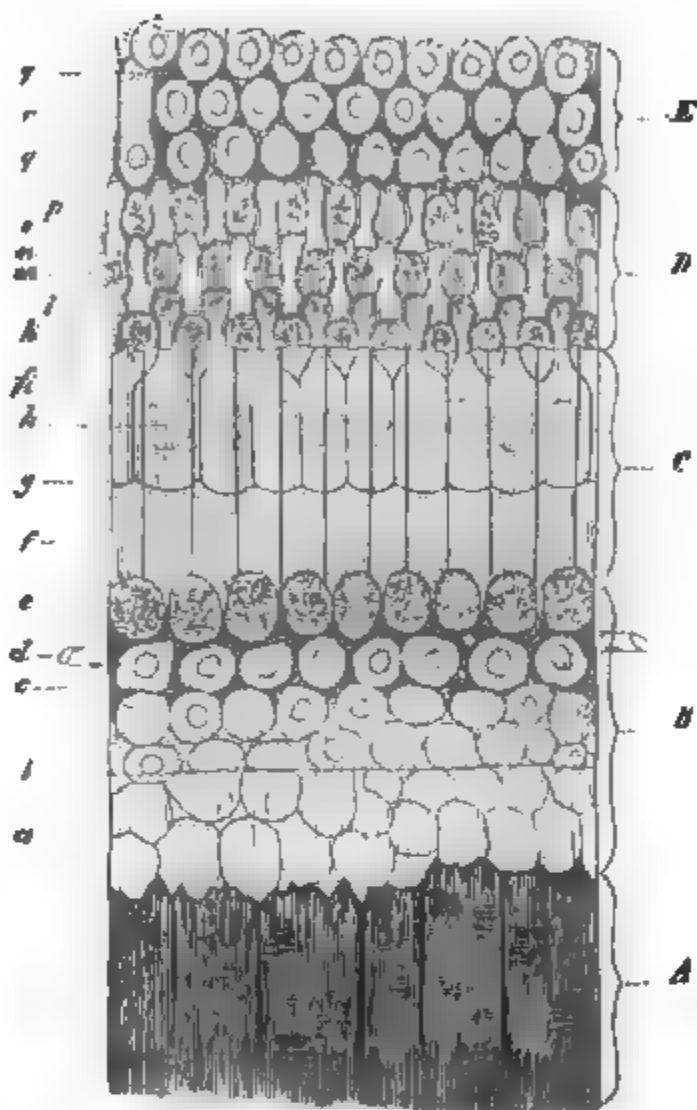
nung von den Bogen an Höhe mehr und mehr abnehmen (Fig. 236

Die Stäbchenzellen, die »Haarzellen« der Autoren, sind die akustischen Apparate.

re« sind kurze, starre, oben abgerundete Stäbglasartiger Durchsichtigstäbe, sie stehen in kreisförmigen Reihe auf Oberfläche (LANDOWSKY). In angegebenen Elementorganen kommen noch zwei weitere cuticuläre Bildungen, Membrana tectoria und die Lamina reticularis.

Corti'schen Pfeiler. Von der Seite gesehen, S-förmig gekrümmt. Sie setzen sich mit einer Unterbrechung, dem Fuss von der Crista basilaris, verschmälern zu dem stäbchenförmigen Stiele des Pfeilers, welcher nach unten zu dem Kopfe, den Corti's, anschwillt, an dem noch plattenförmige Ansetzungen, die Kopfplatten, zusehen wesentlich zur Lamina reticularis gehören: Die Kopfplatte des inneren Pfeilers entspringt aus dem langen Stiele von der inneren äußeren oberen Randes zu einer rudersförmigen Verzweigung, die erste Phalange der Lamina reticularis, über. Jeder Pfeiler hat zwei Kopfplatten, die äussere ist die gedirecte, plattenförmige Fortsetzung des Körpers. Die äusseren Pfeiler berühren die Köpfe und haften zu-  
SIEH WARTER hier fest zu-  
Sie bilden je zwei eine Leiter oder Steg; indem sie dicht neben einander

Fig. 236.



Corti'sches Organ vom Hunde, vestibuläre Flächenansicht. 100 $\mu$ . REISSNER'SCHE Membran, sowie Membrana tectoria entfernt. A Crista spiralis, zum Theil wegen der schwärzlich durchschimmernden Nervenfasern (Ueberosmiumsäure) dunkel gefärbt. B Epithel des Sulcus spiralis internus. C Pfeilerköpfe. D Lamina reticularis. E Aeusseres Epithel der Membrana basilaris. — a Zellen des Sulcus spiralis, welche unter den Gehörzähnen hindurchschimmern. b Aeusserer Grenzlinie der Gehörzähne (letztere wegen der tieferen Fokaleinstellung kaum wahrnehmbar). c Cuticuläres Maschenwerk zwischen den inneren Epithelzellen. d Stelle des Vas spirale. e Innere Haarzellen. f Köpfe der inneren Pfeiler. g Kopfplatten der inneren Pfeiler. Die neben einander liegenden Kopfplatten bilden bei hoher Fokaleinstellung ein helles cuticuläres Dach über den Köpfen der äusseren Pfeiler, das sich von den inneren bis zu den äusseren Haarzellen erstreckt. h Grenzsaumlinie der äusseren Pfeiler gegen die inneren. i Köpfe der äusseren Pfeiler durch die Kopfplatten der inneren Pfeiler durchschimmernd. Jeder Kopf zeigt als hellen Kreis den durchschimmernden optischen Querschnitt der äusseren Pfeilerkörper. j Phalangenförmige Kopfplatte der äusseren Pfeiler (erste Phalange). k Erste Ringe mit den Haarschöpfen der ersten äusseren Haarzellen. m u o Zweite und dritte Ringe und Haarbüschel. n u. p Zweite und dritte Phalangen. r Stützzelle (HENSEN). q Cuticuläres Maschenwerk zwischen den Epithelzellen (Schlussrahmen DERRERS).





**des** Hamulus, im Allgemeinen nehmen nach HENSEN die Grösse der Pfeiler und **die** Höhe und Spannweite des Bogens nach dem Hamulus hin zu, dagegen **nimmt** nach WALDEYER die Grösse des Ductus cochlearis selbst, in der Richtung **nach** der Schneckenkuppel, stetig in mässigem Grade ab.

Auf der inneren Abdachung des Corti'schen Bogens steht die einfache **Reihe** der inneren Haar- oder Stäbchenzellen. Ihre Gestalt ist kurz **kegelförmig** mit starkem Kern, nach unten geht jede in einen langen Fortsatz **über**, der sich in die oben erwähnte, aus kleinen Zellen bestehende Schicht, die **Körnerschicht** (Fig. 237), einsenkt. Das obere Ende der Stäbchenzellen **wird** von den Anhangsplatten der nächststehenden Pfeilerköpfe umschlossen und **trägt** auf einem Cuticulardeckel einen dichten Büschel stäbchenförmiger **Fortsätze**. An die Stäbchenzellen schliessen sich Reihen cylindrischer Epithelzellen an, die über der Körnerschicht stehen. Auf der äusseren Abdachung **der** Corti'schen Bogen stehen nach GOTTSTEIN'S Darstellung die äusseren **Haar- oder Stäbchenzellen**, Corti'sche Zellen, in drei oder vier Parallelreihen hinter einander, die Zellen jeder dieser Reihen alterniren mit grosser Regelmässigkeit mit den Zellen der unmittelbar nebenstehenden Reihe. Auf jeden **äusseren** Pfeiler trifft in jeder Reihe eine Stäbchenzelle. Die Hörstäbchen bilden **einen** dichten Büschel auf der oberen Endfläche der Zelle wie bei den inneren **Stäbchenzellen**. Jede Zelle besitzt zwei Kerne, der obere ist kleiner, der untere **liegt** nahe am unteren Zellenende. In der Nähe des unteren Kernes treten aus **jeder** Zelle zwei Fortsätze ab; der längere und stärkere ist der gestreckt verlaufende Basalfortsatz, der sich mit einer kleinen dreieckigen Anschwellung an die Basilarmembran befestigt; der zweite, der Phalangenfortsatz, **ist** schmaler und gekrümmt, er verschmilzt mit einer der zunächst nach aussen **und** zur Seite liegenden Phalangen der Lamina reticularis. Oefters sieht man **noch** kurze Fädchen: Nervenfortsätze, an den Zellen anhängen. Der **Basalfortsatz** läuft am Zellkörper gerade in die Höhe und theilt sich in zwei Arme, **welche** den oberen Kern wie eine Zange umklammern: Kernzange.

Die äusseren Haar- oder Stäbchenzellen erweisen sich bei näherer Untersuchung als aus zwei mit einander verbundenen Zellen bestehend. Jede Stäbchenzelle geht wahrscheinlich aus der Theilung einer Cylinderzelle hervor. Die **Stäbchenzellen** des Menschen sind sehr gross, die Stäbchen lang und gross, **borstenähnlich**. Während bei den meisten Säugethieren sich nur drei Reihen **von** Stäbchenzellen finden, hat der Mensch vier oder sogar vielleicht fünf Reihen.

KÖLLIKER entdeckte auf der Oberfläche des Corti'schen Organs die Lamina **reticularis**, eine zierliche cuticulare Deckplatte, welche vorzüglich Rahmen und Stützen für die Stäbchenzellen abgibt. Die Netzelamelle setzt sich aus **einer** Anzahl ringförmiger und fingerphalangenähnlicher Rahmen: Ringe und **Phalangen** (DEITERS), zusammen. Der Zahl nach entsprechen diese den Stäbchenzellen. Auf der inneren Seite der Corti'schen Bogen findet man daher nur **eine** vollkommen entwickelte Reihe von Ringen und Phalangen, aus den Ringen **ragen** die Hörstäbchen der inneren Stäbchenzellen hervor, nach aussen findet **man**, der Zahl der äusseren Stäbchenzellenreihen entsprechend, mehrere Reihen **von** Phalangen und Ringen. Nach aussen vom Corti'schen Organe gehen die **Gebilde** der Lamina reticularis in ein die Fläche des nächstgelegenen Epithels **deckendes** unregelmässigeres Maschenwerk über, welches zum Theil die DEITERS-

schen Schlussrahmen darstellt. Wie die obige Abbildung Fig. 236 lehrt, stehen Ringe und Phalangen regelmässig alternirend, jede Phalange ist von vier Ringen umgeben e. v. v. Die erste Reihe der äusseren Ringe liegt am äusseren Ende der Kopfplatten der inneren Pfeiler, welche nach dem Gesagten über die Köpfe der äusseren Pfeiler herüberlaufen, zwischen die Ringe schieben sich hier die phalangenförmigen Endstücke der äusseren Kopfplatten ein. Jeder Ring ist ausgefüllt mit dem Basalsaum einer zugehörigen Stäbchenzelle, deren Hörstäbchen über den Ring hervorragen, die phalangenförmigen Rahmen sind mit einer zarten Membran verschlossen.

Die äusseren Stäbchenzellen sind mittelst ihrer beiden Fortsätze und ihrer oberen Endplatte zwischen der Lamina reticularis und der Basilarmembran gleichsam ausgespannt. Diese Zellen und die Corti'schen Pfeiler finden sich nur in der Schnecke des Menschen und der Säugethiere.

Die schon oben erwähnte Deckmembran des Corti'schen Organes, die Membrana tectoria oder Corti'sche Membran, beginnt an der Ansatzlinie der RUMNER'schen Haut auf der Crista spiralis, nimmt allmählig an Stärke bedeutend zu und endet mit einem freien (?). allmählig wieder zart werdenden Rande in der Gegend der äusseren Stäbchenzellen, indem sie überall der Oberfläche des Corti'schen Organes dicht aufliegt (HENSEN, GOTTSTEIN, WALDEYER), ihre Consistenz ist weich, nahezu gallertig, der Hauptmasse nach erscheint sie in radialer Richtung feinfaserig.

WALDEYER findet in dem anscheinend so sehr complicirten Bau des Corti'schen Organes einen einfachen Bauplan. Mehrere Reihen von Cylinderzellen (Doppelzellen) sind in regelmässiger Anordnung auf einer breiten Zone des Spiralblattes hinter einander aufgestellt und zwischen zwei membranösen (cuticularen) Begrenzungen, der Lamina reticularis oben und der streifigen Schicht der Membrana basilaris unten, festgehalten. Je zwei dieser cylindrischen Doppelzellen, die Corti'schen Pfeiler, sind zum grössten Theil ebenfalls cuticular umgewandelt, zur Herstellung eines festen tragenden Bogens (WALDEYER für das Ganze. Abweichend von diesem allgemeinen Plane sind die inneren Stäbchenzellen keine Doppelzellen und entsprechen auch ebenso wie die inneren Pfeiler an Zahl nicht den analogen äusseren Bildungen. Die inneren Pfeiler, welche sich sowohl nach aussen als nach innen an der Bildung der Lamina reticularis betheiligen, erscheinen als der Mittelpunkt des ganzen Organs.

Die Art der Verknüpfung der Akustikusfasern mit den Bestandtheilen des Corti'schen Organes wurde neuerdings wenigstens zum Theil aufgeheilt.

Man war bisher vorzüglich geneigt, die Corti'schen Pfeiler als die Endorgane des Schneckenerven anzusprechen. Die neuen Untersuchungen, welche uns mit den Stäbchenzellen des Corti'schen Organes noch näher bekannt gemacht haben, weisen nun aber darauf hin, dass entweder die Stäbchenzellen allein oder mit und neben den Corti'schen Pfeilern die akustischen Endorgane darstellen. Dass die Hörstäbchen allein zur Perception sehr verschiedenartiger Tonempfindungen hinreichen, scheint mit Sicherheit aus der schon oben angeführten Beobachtung hervorzugehen, dass in dem Labyrinth von Thieren, welche eine hohe musikalische Ausbildung des Gehörs erkennen lassen, in dem der Vögel, keine anderen Akustikusendapparate sich finden als Stäbchenzellen. HASSE hat als erste sichere Beobachtung einer Nervenendigung in der Schnecke

in Vögeln und Fröschen den unmittelbaren Uebergang je einer ungetheilten marklos gewordenen Nervenfasern des Akustikus in den basilar Fortsatz der Stäbchenzellen nachgewiesen. Den Zusammenhang der Stäbchenzellen, akustischen Zellen, mit Nervenfasern hat nun LANDOWSKY auf das Sicherste constatirt.

Der N. acusticus entspringt mit zwei Wurzeln aus der Medulla oblongata. Die eine kommt aus kleinen Ganglienkörperchen am Boden der Rautenrinne: centraler Akustikuskern (STIEDA). Die zweite Wurzel entspringt mit ihrer dicken Fasern aus einem grosszelligen Ganglienkern im Crus cerebelli ad medullam oblongatam: lateraler Akustikuskern (STIEDA), und besitzt bald nach ihrem Austritt aus der Medulla ein kleines Ganglion. Die Wurzeln vereinigen sich bald zu einem gemeinsamen Stamm, dessen Primitivfasern, denen die SCHWANN'sche Scheide zu fehlen scheint, sich nicht selten verästeln und theilen (ZERNER). Im Porus auditorius zerfällt der Stamm in seine beiden Hauptäste: Ramus vestibularis und Ramus cochlearis. Der erstere zeigt hier ein kleines Ganglion und spaltet sich in die Rami ampullares, utricularis und in den Ramus oculi. Der Ramus cochlearis ist der stärkere, er sendet zum Septum utriculi sacculi ein kleines Bündel und tritt dann durch den Tractus spiralis foraminulentus zur ersten Windung der Lamina spiralis, sowie in die Spindel ein, von welcher aus er sich zu den übrigen Windungen des Spiralblattes begibt. Vor ihrem Eintritt in die Lamina spiralis durchsetzen sämtliche Nervenzweige das Ganglion spirale, im Canalis ganglionaris am Anfange der Lamina spiralis gelegen. Hier scheint jede Nervenfasern durch eine bipolare Ganglienzelle durchzutreten, solche Zellen kommen auch im Hauptstamm und im Ramus vestibularis zahlreich vor (WALDEYER). Jenseits des Ganglion breiten sich die nach ihnen stark markhaltigen Fasern unter Anastomosen- und Plexusbildung flächig unter der oberen und unteren Lamelle der Lamina spiralis ossea aus, spitzen sich an der Grenze der Membrana basilaris rasch zu und treten durch die Canäle der letzteren, indem sie den grössten Theil ihrer Markscheide verlieren, in den Ductus cochlearis ein.

Auch nach diesem Durchtritt ist die Richtung der Fasern eine radiale, man unterscheidet stärkere innere und feine äussere radiäre Nervenenden. Beide durchsetzen zunächst die Körnerschicht. Die inneren Radiärfasern, welche als Fibrillenbündel (Axencylinder) erscheinen, treten direct durch die Körnerschicht hindurch und gehen auch bei den Säugethieren ohne weiteres in das spitze Ende der inneren Haar- oder Stäbchenzellen über (WALDEYER), wie es HASSE an den Stäbchenzellen der Vögel und Frösche beobachtet hat. Die äusseren Radiärfasern treten nach GOTTSTEIN zwischen je zwei inneren Pfeilern in den CORTI'schen Tunnel hinein und durchsetzen denselben ungefähr in der Mitte der Pfeilerhöhe, so dass sie von der Seite an gespannte Harfenaiten erinnern, ebenso treten sie zwischen den äusseren Pfeilern wieder aus und verschmelzen mit den äusseren Haar- oder Stäbchenzellen der innersten Reihe, vielleicht auch mit denen der weiteren Reihen. Die äusseren Radiärfasern erscheinen als feinste, leicht varikös anschwellende Nervenfibrillen wie die von M. SCHULTZE in der Retina beschriebenen. M. SCHULTZE entdeckte noch spiralig verlaufende Faserzüge, welche auch von DEITERS, KÖLLIKER, KENSEN u. A. für nervöser Natur gehalten werden. Nach M. SCHULTZE verbinden



sich diese Fasern mit den Kernen (Protoplasma-resten, Zellen) an den Füßen der inneren Pfeiler und mit den Zellen, die an der Spitze der Bogen liegen. Vorher treten sie mit einer Schicht grosskerniger zarter Zellen im Sulcus spiralis internus in Beziehung, in analoger Weise wie die Fasern in den Körnerschichten (namentlich in den inneren, WALDEYER) der Retina, sie scheinen diese Zellen, welche darnach als bipolare Ganglienzellen aufzufassen sind, zu durchsetzen. Von anderer Seite, auch von WALDEYER, wird die nervöse Natur der Spiralfasern angezweifelt.

### Gang der Schallwellen im Labyrinth und Erregung der akustischen Endorgane.

Wird durch eine z. B. durch Schallwellen erzeugte Steigerung des Luftdrucks im äusseren Gehörgange das Trommelfell nach einwärts getrieben, so werden dadurch auch die Gehörknöchelchen nach innen gedrängt und die Fussplatte des Steigbügels wird tiefer in das ovale Fenster eingedrückt. Das nicht zusammendrückbare, übrigens rings von knöchernen Wänden umgebene Labyrinthwasser kann nur nach einer Seite hin dem Steigbügeldrucke ausweichen, nämlich gegen das runde Fenster mit seiner elastischen Membran (E. WALT). Dahin steht dem Labyrinthwasser entweder der Weg durch das Helikotrema, die enge Oeffnung in der Spitze der Schnecke, offen, oder es muss, da die Zeit zu einer solchen Bewegung bei den Schallschwingungen wahrscheinlich nicht hinreicht, die membranöse Scheidewand der Schnecke gegen die Paukentreppe hindrängen. Bei Luftverdünnung im Gehörgange wird das Umgekehrte eintreten (HELMHOLTZ).

Auf diese Weise werden die Schallschwingungen der im äusseren Gehörgange befindlichen Luft auf die Membranen des Labyrinths, namentlich auf die Schneckenmembran und die in den Membranen endigenden Nerven übertragen.

Die Nervenenden sind nach dem oben Gesagten mit sehr vielen, kleinen elastischen Anhängen verbunden, deren Bestimmung es scheint, durch ihre Schwingungen die mit ihnen in Verbindung stehenden Nerven mechanisch durch Erschütterung in Erregung zu versetzen (HELMHOLTZ).

Als diese schwingenden elastischen Anhänge der Gehörnervenfaser werden in den Ampullen und Säckchen die Hörstäbchen, in der Schnecke die analogen Stäbchen der Haar- oder Stäbchenzellen des Corti'schen Organes, nach HELMHOLTZ's älterer Ansicht auch die Corti'schen Pfeiler, namentlich die Saiten angesprochen.

Die ganze Anordnung des Corti'schen Organs spricht dafür, dass dasselbe ein Apparat sei, geeignet, die Schwingungen der Grundmembran, Membrana basilaris, aufzunehmen und selbst in Schwingungen zu gerathen. Wird durch den eindringenden Steigbügel der Druck auf das Labyrinthwasser vermehrt, so muss die Grundmembran nach unten weichen, die äusseren Pfeiler werden dadurch stärker gespannt und, in Folge der Befestigungsweise der Pfeiler, die entsprechende Stelle der inneren Pfeiler entsprechend nach unten gebogen. HELMHOLTZ scheint es wahrscheinlich, dass die inneren Pfeiler eine Art elastischen Steg darstellen, zwischen dessen Kante und der Mitte der Grundmembran die äusseren Pfeiler wie Saiten befestigt sind und wie solche schwingen.



wenn ihr anderes Ende an der Membran erschüttert wird. Eine Saite geräth in starke Schwingungen, wenn ihr eines Ende wie in unserem Falle mit einem schwingenden Körper, z. B. einer Stimmgabel oder einer Membran verbunden ist, am stärksten werden ihre Schwingungen, wenn sie unisono mit dem Ton gestimmt ist, der ihr zugeleitet wird. Ueber die Lage der Enden der Nervenfasern zu den Corti'schen Pfeilern steht wenigstens so viel fest, dass jene durch ihre Erschütterung der Pfeiler jedenfalls direct mit erschüttert werden müssen. Aus den Erscheinungen der Dämpfung der Schwingungen im Ohr geht direct hervor (HELMHOLTZ), dass es verschiedene Theile des Ohres sein müssen, welche durch verschieden hohe Töne in Schwingungen versetzt werden und diese Töne empfinden. Aber allerdings ist bisher noch nicht mit aller Sicherheit erwiesen, welche Theile im inneren Ohr es sind, die bei den einzelnen Tönen mitschwingen. In neuerer Zeit war HELMHOLTZ geneigt, den radialen Fasern der Membrana basilaris (cf. oben) eine hervorragende akustische Rolle beizulegen. Indem er annahm, dass ihre Spannung senkrecht auf die Faser-richtung verschwindend sei, im Verhältniss zu der Spannung in radialer Richtung, erschienen ihm die Fasern als ein System neben einander liegender gespannter Saiten. Da diese Fasern eine sehr regelmässige Verschiedenheit in ihrer Länge und vielleicht auch in ihrer Spannung erkennen lassen, so scheint es sicher, dass sie, respective die einzelnen radialen Zonen der Membran, zunächst in Mitschwingungen versetzt werden, und dadurch die unmittelbar darüber liegenden Theile, die eigentlichen Endorgane des Akustikus, mechanisch erregen.

Man hat auch den Hörsteinchen die Function des Mitschwingens zugeschrieben, doch scheinen sie, in einer schleimigen Flüssigkeit suspendirt, dazu wenig befähigt. Die Hörstäbchen scheinen vorzüglich dazu gut geeignet, einzelnen Stössen nachzugeben und diese auf die Nerven zu übertragen, da Körperchen von so geringer Masse in ihrer Bewegung nicht lange beharren können. Zur Ausführung selbständiger musikalischer Schwingungen von der Dauer, wie sie im Gehörorgane vorkommen, scheinen nach HELMHOLTZ' älterer Annahme die Corti'schen Fasern am ehesten geeignet. Elastische Gebilde, deren Schwingungen sehr rasch gedämpft werden, werden durch kurz vorübergehende Stösse und Strömungen des Labyrinthwassers verhältnissmässig stärker afficirt werden als durch musikalische Töne. sie werden also namentlich der Wahrnehmung solcher schneller unregelmässiger Erschütterungen, wie sie die Empfindung der Geräusche bedingt, dienen können. Dagegen werden Körper, welche länger nachzuschwingen vermögen, durch einen musikalischen Ton von entsprechender Höhe stärker erregt als von einzelnen Stössen, da hier eine Summirung der an sich kleinen Anstösse eintreten kann. HELMHOLTZ vermuthete daher, dass die Nervenausbreitung im Vorhof und in den Ampullen mit den Hörstäbchen für die Wahrnehmung der Geräusche, die Corti'schen Pfeiler für die Wahrnehmung der musikalischen Töne dienen. Er nahm weiter an, dass die Stimmung der Pfeiler wie die von Saiten verschieden sei und einer regelmässigen Stufenfolge durch die musikalische Scala hindurch entspreche. KÖLLIKER zählt etwa 3000 Corti'sche Pfeiler in der Menschenschnecke. Rechnen wir 200 auf die ausserhalb der in der Musik gebrauchten Grenzen liegenden Töne, deren Tonhöhe nur unvollkommen aufgefasst wird, so bleiben 2800 für die sieben Octaven der musikalischen Instrumente. d. h. 400 für jede Octave,

$33\frac{1}{3}$  für jeden halben Ton, jedenfalls genug, um die Unterscheidung kleinerer Theile eines halben Tons, so weit eine solche möglich ist, zu erklären. Geübte Musiker können nach E. H. WEBER's Beobachtungen noch einen Unterschied der Tonhöhe wahrnehmen, welcher dem Schwingungsverhältniss 1000 zu 1001 entspricht, etwa  $\frac{1}{64}$  eines halben Tones, also einer etwa doppelt so kleinen Grösse als der Anzahl der CORTI'schen Pfeiler entsprechen würde. Diese Möglichkeit erklärt sich daraus (HELMHOLTZ), dass, wenn ein Ton angegeben wird, dessen Höhe zwischen der von zwei benachbarten Pfeilern liegt, so wird er beide in Mitschwingungen versetzen, diejenige aber stärker, deren eigenem Ton er näher liegt, was eine specifische Empfindung hervorrufen kann. Nehmen wir den neueren Anschauungen nach die ausserordentlich viel zahlreicheren Hörstäbchen als die im Ohre akustisch mitschwingenden Organe an, so bedarf es dieser doch etwas gekünstelten Erklärung nicht.

Wenn im Allgemeinen ein einfacher Ton dem Ohr zugeleitet wird, so werden diejenigen mitschwingenden Theile, die ihm ganz oder nahezu gleichstimmig sind, stark erregt, alle anderen schwach oder gar nicht. Jeder einfache Ton wird also nur durch gewisse Nervenfasern empfunden, Töne von verschiedener Höhe erregen verschiedene Nervenfasern.

Wird ein zusammengesetzter Klang dem Ohre zugeleitet, so wird derselbe in vollkommen gleicher Weise, wie wir seine complicirte Schwingung durch Resonatoren in die einzelnen sie componirenden pendelartigen Schwingungen verschiedener Tonhöhe, den harmonischen Obertönen entsprechend, zerlegen können, auch von den mitschwingenden Theilen in unserem Ohre in seine einzelnen einfachen Theiltöne getrennt. Dasselbe erfolgt bei einem Accord. Es werden durch den Klang oder durch den Accord alle diejenigen elastischen Gebilde des inneren Ohres erregt, deren Tonhöhe, für welche sie abgestimmt sind, den verschiedenen in der Klangmasse enthaltenen einzelnen Tönen entspricht. Die ursprünglich einfache periodische Bewegung der Luft, der Klang, wird dadurch in eine Summe verschiedener pendelartiger Bewegungen der akustischen Endapparate zerlegt, wodurch die an sich einfache Luftschwingung des Klangs als eine Summe verschiedener Empfindungen erscheint, aus welcher man bei gehörig gerichteter Aufmerksamkeit alle die einzelnen Empfindungen der einzelnen einfachen Töne einzeln wahrzunehmen vermag. Durch die Hypothese von HELMHOLTZ werden also die Phänomene des Hörens auf solche des Mitschwingens zurückgeführt. Die Hypothese steht mit der Theorie der specifischen Energien in vollkommenstem Einklang. Die Empfindung verschiedener Tonhöhen ist hiernach also eine Empfindung in verschiedenen Nervenfasern. Die Empfindung der Klangfarbe beruht darauf, dass ein Klang ausser den seinem Grundton entsprechenden akustischen Endapparaten noch eine Anzahl anderer in Bewegung setzt, also in mehreren verschiedenen Gruppen von Nervenfasern Empfindung erregt. Die Empfindung der Geräusche wird durch plötzliche, meist plötzlich gedämpfte Bewegungen vielleicht specifischer akustischer Endapparate hervorgerufen. Die Stärke der Schallempfindung ist in gewissen Grenzen der Bewegungsstärke der im inneren Ohr mitschwingenden Apparate direct proportional.

Der Hauptgrund, warum man in der neueren Zeit geneigt ist, an der HELMHOLTZ'schen Theorie über die musikalische Function der CORTI'schen Stäbchen

zu zweifeln, ist, wie wir schon oben andeuteten, ein vergleichend-anatomischer: den Vögeln fehlt, obwohl sie entschieden musikalisch sind und sogar Melodien pfeifen lernen, ein eigentliches CORTI'sches Organ (cfr. unten: zur vergleichenden Anatomie).

**Akustische Eigenschaften der Hörstäbchen.** — Je nach ihrer grösseren oder geringeren Masse müssen die Hörstäbchen eine geringere oder stärkere Dämpfung zeigen. Die Beobachtungen HENSEN's an den Gehörorganen der Crustaceen haben direct nachgewiesen, dass auch die starren Hörhaare, welche hier die wahren Hörstäbchen ersetzen, fähig sind, durch Töne in Mitschwingungen versetzt zu werden. Es scheinen diese Beobachtungen zugleich ein directer Beweis der HELMHOLTZ'schen Theorie, dass der Vorgang des Hörens auf dem Phänomen der Mitschwingung specifischer akustischer Endapparate beruhe.

Die Crustaceen haben theils geschlossene, theils nach aussen offene Otolithensäcken, in denen Hörsteinchen in einer wässerigen Feuchtigkeit getragen von steifen Härchen schweben, welche mit ihren Enden den Steinchen anhaften und zum Theil eine nach der Grösse geordnete Reihenfolge, von grösseren und dickeren zu kürzeren und feineren übergehend, erkennen lassen. Auch an der Körperoberfläche, an den Antennen und am Schwanz bei Mysis finden sich nach HENSEN solche Hörhaare, welche von demselben Nervenstamme wie die Gehörbläschen ihre Nerven erhalten und nach Exstirpation der letzteren die Fähigkeit des Hörens fort erhalten. Durch einen dem Trommelfell und den Gehörknöchelchen nachgebildeten Apparat leitete HENSEN den Schall eines Klapphorns in das Wasser, in welchem er unter dem Mikroskop eine Mysis beobachtete. Es ergab sich, dass durch gewisse Töne des Horns einzelne ihrer äusseren Hörhaare in starke Vibration versetzt wurden, durch andere Töne andere Hörhaare. Jedes Hörhaar antwortete auf mehrere Noten des Horns.

Durch die Entdeckung des LEYDIG'schen sechsten Sinnes (cf. unten) wird der Zweifel berechtigt, ob die HENSEN'schen Hörhaare an der Körperoberfläche der Mysis nicht vielmehr diesem sechsten, dem Hörsinn nächst verwandten Sinne, dienen.

**Dämpfung der Schwingungen im inneren Ohr.** — Die Dämpfung ist in dem inneren Ohr eine sehr vollkommene; es können HELMHOLTZ, wenigstens in dem grössten Theile der Scala, noch Triller von je 40 Schlägen in der Secunde scharf und klar aufgefasst werden; von A abwärts in der grossen und Contraoctave klingen sie aber schlecht, rauh, ihre Töne fangen an sich zu vermischen. Diese Erscheinung lehrt, dass die Dämpfung der schwingenden Theile für tiefe Töne im Ohr nicht genügend stark und schnell ist, um einen so raschen Wechsel von Tönen ungestört zu Stande kommen zu lassen, dass wir also hier an der Grenze der Wirksamkeit der Dämpfungsmechanismen stehen. Im Ganzen können wir mit HELMHOLTZ annehmen, dass die mitschwingenden Theile etwa den Grad der Dämpfung zeigen, dass die Intensität des ausklingenden Tons nach  $\frac{1}{3}$  Secunde mindestens auf  $\frac{1}{10}$  vermindert ist.

Die Dämpfungseinrichtungen bestehen theils in der geringen Masse der mitschwingenden Theile selbst, zum Theil scheinen auch noch specifische Dämpfer zu existiren. WALDEYER spricht die Membrana tectoria und die Otolithen als solche an. Die in eine schleimige Masse eingelagerten Otolithen vergleicht er mit einem »Sandsack«, der nicht dazu angethan sein könne, in regelmässige Schwingungen zu gerathen, sondern viel eher im Stande sei, die Schwingungen anderer Körper, mit denen er in Berührung komme, zu dämpfen. Die von ihm behauptete schleimige Konsistenz der Membrana tectoria, ihre vollkommen freie Lage, wie ein Gallertschleier gerade auf dem Haarzellen tragenden Theil des CORTI'schen Organs, scheinen WALDEYER, der, wie Andere, nur die Haar- oder Stäbchenzellen als akustische Endapparate gelten lassen will, auch für ihre Wirkung als Dämpfer zu sprechen. HELMHOLTZ fasst dagegen die Otolithen als mitschwingende Theile auf, dasselbe thut HASSE in Beziehung auf die Membrana tectoria, ihre Schwingungen würden nach ihm zunächst auf die Stäbchen der akustischen Zellen übertragen, diese Membran sei also im Verein mit den Otolithen die wesentlichste, empfindungerregende Einrichtung im inneren Ohre.

**Hörkraft in verschiedenen Lebensaltern.** — Nach C. J. BELL nimmt die Hörkraft mit dem zunehmenden Alter ab. Kinder von 12—13 Jahren horten einen Ton 16384 Schwingungen auf 34 Fuss Entfernung, von 18—20 nur auf 13—16 Fuss auf 2112 bis zu 16384 Schwingungen, von 28—30 Jahren wurden in 34 Fuss Entfernung nur noch 4096 bis zu 16384 Schwingungen gehört. Bei Leuten über 50 Jahren war die Hörweite noch schwächer und schwankte ungemein. In neuerer Zeit hat man das Telephon zur Bestimmung der Hörkraft und Hörschärfe verwendet.

**Die halbzirkelförmigen Canäle** — Auch die halbzirkelförmigen Canäle als Dämpfungsapparate der Wellenbewegungen des Labyrinthwassers angesprochen worden. MALINI ist ihrer Zusammenordnung der Art, dass die gleichzeitig und gleichartig eintretenden Schallwellen sich in der Mitte begegnen und durch diese Begegnung gleichartiger Wellen wird ihre Bewegung vernichtet.

Während das Gehör nach Zerstörung der Schnecke vollkommen vernichtet ist, besteht dasselbe nach Zerstörung der häutigen Bogengänge, dagegen treten nach den Beobachtungen von FLORENS, BROWN-SEQUARD, GOLTZ, E. CLOX, J. BREUER u. A. Störungen des Gleichgewichts des Körpers ein. Hat man an einer Taube den horizontalen Gang einer- oder besser beiderseits durchschnitten, so macht sie dauernd abwechselnde Bewegungen des Kopfes und Körpers von rechts nach links und nach der Durchschneidung des senkrechten Bogenganges macht sie pendelartige Bewegungen mit dem Kopfe in vertikaler Richtung. Gleichzeitig ist das Flugvermögen verschwunden. Wenn grössere Partien der Bogengänge zerstört, auch das Vermögen zu stehen. Auch GOLTZ nach der Durchschneidung beider Hornnerven die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, verloren, die Bewegungen unbeholfen. BROWN-SEQUARD sah Reizbewegungen eintreten. Nach der Hypothese von GOLTZ dient der Innenohrapparat nicht bloss dem Gehörsinn, sondern vermittelt auch das Gleichgewicht. Die Bogengänge sind das Sinnesorgan für das Gleichgewicht des Kopfes und Körpers. Dass bei Erkrankungen des Gehörorgans Schwindel „Gehörschwindel“ im Gegensatz zu „Gestirnschwindel“, sich einstellt, ist bekannt. BOTTCHER konnte jedoch auf die Durchschneidung der Bogengänge u. a. angegebenen Erfolge auf gleichzeitige Operation, namentlich durch Zerren eingetretene tiefere Gehirnerkrankungen, zur Erklärung der Störungen des Gleichgewichtssinnes kommen. Trotz der bestehenden Trennung oder Zerstörung der Bogengänge.

Analog dem blinden Fleck des Auges wollte man taube Punkte im Ohr haben. E. BERTHOLD bewies, dass es sich bei den betreffenden Wahrnehmungen um Interferenz der Schallwellen, d. h. um eine Eigenschaft der Schwingungsbewegung handelt.

### Räumliche Schallwahrnehmungen.

In Beziehung auf die räumliche Wahrnehmung über den Ort, die Richtung und Entfernung des das Sinnesorgan erregenden Körpers, steht das Gehör weit nach. Im Allgemeinen sind wir gewohnt, die Schalleindrücke, welche durch Vermittelung von Luft bei offenem Gehörgang auf das Trommelfell treffen, nach aussen zu verlegen, während wir geneigt sind, die Eindrücke, welche nur durch die Knochenleitung dem Gehörnerven zugeleitet werden, als im Organismus selbst entstanden aufzufassen.

**Die Richtung des Schalles.** Wir hören einen Schall dann am deutlichsten, wenn seine Schallwellen in der geradlinigen Verlängerung des Gehörganges rechtwinkelig auf das äussere Ohr auftreffen. In diesem Falle legen wir die Richtung des schallgebenden Körpers nach aussen. Um die



ung des Schalls zu bestimmen, benutzen wir normal die gleichzeitigen Schalleindrücke auf beide Ohren. Die Intensität des Schalleindrucks in beiden Ohren ist gleich, wenn der Schall von einem Punkte der nach rückwärts oder vorwärts verlängerten Medianebene des Körpers herkommt, weil in diesem Falle die Schallwellenzüge in beide Ohren gleichmässig eindringen. Nach dem Bau unserer Ohrmuschel, welche von vorne kommende Schallwellen in grösserer Breite auffangen und in den äusseren Gehörgang reflektiren kann, wird ein in dieser Richtung auftreffender Schall stärker empfunden als ein von hinten kommender. Es wird dadurch unter gewissen Umständen ein Urtheil über die Richtung, ob von vorne oder von hinten der Schall herkommt, möglich. Kommt der Schall von Punkten, welche seitlich von der verlängerten Medianebene des Körpers liegen, so wird ein Gehörorgan stärker als das andere getroffen werden. Bei gleichmässiger Erregung beider Ohren pflegen wir die äussere Schallwelle in die verlängerte Medianebene des Körpers zu verlegen; wird ein Ohr stärker als das andere erregt, so verlegen wir den Ort der Schallquelle auf Seite des stärker erregten Ohres. Zur feineren Bestimmung der Richtung bedienen wir uns dann zunächst nur eines Ohres, wir suchen durch Drehungen des Körpers und Kopfes die Stellung des Ohres auf, bei welcher wir den Schall am intensivsten hören, und verlegen dann in die oben angegebene Linie die Schallrichtung. Wir glauben dann den Schall beim Lauschen nur mit dem der Schallquelle entgegen gewendeten Ohre zu hören. Das zweite Ohr ist dabei aber keineswegs wirklich ausgeschlossen, es tritt eine Schwächung der Wahrnehmung ein, wenn das abgewendete Ohr verstopft wird.

E. WEBER fand, dass man unter Wasser getaucht, so lange der Gehörgang mit Luft gefüllt ist, den Schall als etwas Aeusseres hört und unterscheiden kann, ob er von rechts oder links kommt; hat man den Gehörgang mit Wasser gefüllt, so scheint der Schall, wie bei reiner Knochenleitung, als im Kopfe selbst entstanden. Es scheint mehr als ungewiss, ob bei der Bestimmung der Schallrichtung mittelst eines Ohres die Vorsprünge der Ohrmuschel irgend einen Dienst leisten.

Die Entfernung des Schalls beurtheilen wir aus der Intensität der Schallempfindung. Die Schallintensität wird schwächer mit der Entfernung der Schallquelle und zwar bekanntlich im Quadrate der Entfernung, so dass bei 2-, 3-, 4facher Entfernung die Schallintensität 4, 9, 16mal schwächer wird. Aus Erfahrung kennen wir annähernd die Intensität der verschiedenen Schalle und deren Abnahme mit der Entfernung und bilden uns daraus ein Urtheil über die Entfernung der Schallquelle. Da die Intensität jedes Schalls aus sehr verschiedenen Ursachen, abgesehen von der Entfernung, schwanken kann, so sind wir bei diesen Beurtheilungsversuchen der Entfernung der Schallquelle den grössten Täuschungen ausgesetzt, worauf die bekannten akustischen Täuschungen im Theater und bei sogenannten Bauchrednern stammen. Ein schwaches, in nächster Nähe erregtes Geräusch kann uns, wenn wir fälschlich seine Quelle in die Entfernung verlegen, laut erscheinen.

Die einer bestimmten Entfernung entsprechende Schallintensität beurtheilen wir in jedem Einzelfall, wie oben gesagt, nach unseren Erfahrungen über die relative Intensität des bestimmten Schalles. Das leise Summen der Biene oder einer Mücke verlegen wir daher nicht, der geringen absoluten Intensität entsprechend, in weite Ferne. Verwechseln wir aber die



Ursache der Geräusche, so kann uns ein schwaches, von schwacher Intensität, als aus weiter Entfernung kommend erscheinen. Bekannt sind die Täuschungen über das Arterienklopfen im oder in der Nähe des Ohrs, das man mit fernem Dreschen verwechselt, eine Verwechslung, die auch umgekehrt eintritt.

Das Hören mit beiden Ohren scheint nicht die Eigenthümlichkeiten des Sehens mit beiden Augen zu theilen, welche wir aus den identischen Punkten der beiden Netzhäute haben hervorgehen sehen. Identische akustische Endapparate im Sinne jener Identität der Netzhaut-elemente, so dass durch eine gleichzeitige Erregung der identischen Endapparate in beiden Gehörorganen nur ein einfacher Sinneseindruck hervorgerufen wird, scheinen nicht zu existiren, wenigstens ist ihre Existenz noch unbewiesen. Einen einzigen Ton, der die gleichstimmigen Akustikusenden in beiden Ohren erregt, hören wir zwar mit beiden Ohren nur einfach, wir sind aber im Stande, zwei qualitativ gleiche Gehörseindrücke von verschiedener Intensität auf je ein Ohr einwirkend gesondert zu empfinden. Auch das Hören desselben Tones mit beiden Ohren charakterisirt sich nach den Beobachtungen FESSEL'S und FECHNER'S nicht immer als eine einfache Empfindung, da bei einer Anzahl von Personen schon normal, besonders ausgesprochen aber bei krankhaften Zuständen (v. WITTICH), das eine Ohr denselben Ton höher empfindet als das andere.

Das Hören mit beiden Ohren ermöglicht, wie wir oben sahen, eine gegenseitige Unterstützung der Gehörorgane vor Allem zur Bestimmung der Richtung der Schallquelle. Einseitige Fehler werden dadurch ausgeglichen. Auch aus E. H. WEBER'S Beobachtungen ergibt sich, dass die Fähigkeit der Verschmelzung der Empfindung beider Ohren ihre Grenzen habe. Hört man auf zwei Uhren von etwas verschieden schnellem Gange nur mit einem Ohre, so unterscheidet man die Perioden, in welchem das Ticken beider Uhren zusammentrifft, als einen sich regelmässig wiederholenden Rhythmus. Hält man die beiden Uhren vor je ein Ohr, so fehlt die Empfindung des Rhythmus, und man unterscheidet nur die verschiedene Geschwindigkeit des Ganges.

Um beide Ohren gleichzeitig durch denselben Ton, aber in verschiedener Intensität zu erregen, hält man nach DOVE vor die Ohren zwei genau gleichgestimmte tönende Stimmgabeln. Dreht man die eine Stimmgabel um ihre Axe, so dass ihr Ton abwechselnd verschwindet und wieder ansteigt, viermal während einer Umdrehung, so scheinen beide Stimmgabeln abwechselnd zu tönen, wir hören die feststehende nur dann, wenn die gedrehte nicht gehört wird. Die Erklärung liegt darin, dass die Erregbarkeit des Gehörorganes während des Tönens abnimmt (Ermüdung), bei dem beständig gereizten Ohre natürlich mehr als bei dem, dessen Stimmgabel gedreht wird; ein Ton wird bei gleich starker Erregung nur mit dem stärker erregbaren Ohre wahrgenommen. Man empfindet also gegen die Analogie mit dem Sehorgane entweder die Erregung zweier gleichstimmiger Akustikusenden in beiden Ohren gesondert oder verlegt wenigstens die Empfindung der Erregung auf die stärker erregte Seite.

Halten wir uns eine tönende Stimmgabel an den Kopf, so verlegen wir den Ton derselben nach aussen, da neben der Knochenleitung der Ton auch durch die Luft unserem Trommelfelle zugeführt wird. Der Ton erscheint stärker und ausschliesslich im Kopfe selbst entstanden, wenn wir beide Ohren verstopfen. Verschliesst man nur ein Ohr, so hört man auf diesem den Ton verstärkt oder sogar ausschliesslich. POLITZER hält diese Tonverstärkung für objectiv, da nach dem Verstopfen die Schallwellen nicht mehr durch den äusseren Gehörgang abfliessen können und die in letzterem eingeschlossene Luft durch Resonanz den Ton verstärkt. Auch die eigene Stimme hören wir bei verstopften Ohren im Kopf selbst.

### Entotische und subjective Schallwahrnehmungen.

**Entotische Wahrnehmungen.** — Es kommen objective Schallwahrnehmungen vor, deren Ursache jedoch im Ohre selbst gelegen ist. Schon oben wurde das knackende Geräusch im Ohre bei Spannung des Trommelfells und bei kräftiger Anspannung der Kaumus-

A. Fick erwähnt. Es wird von Leiden als Muskelvertrich von der Contractura des Tympani verstanden. Betrachtet. Andere sehen es als der vollständigen Ausdehnung des Schalls her. Nach Pflüger und Livewitz ist das Klappen nicht nur einer durch das Hammer nachwärtigen Einwirkung des Tympanums verbunden. Sie sehen es als einer eben Entfernung der Tuba Eustachii. Helmholtz sieht ein gerichtet von dem letzten Klappen in Folge ist das Anheben der Sperrklappe des Hammermuskels.

L. Die Arterien des Ohrs sind nicht sehr Arterien Contracturae. Einige Erweiterungen des Faserbündels betrieht. Welche als rhythmisches Klappen eingebunden werden kann deutlich. Wenn man mit dem Ohr auf einem warmen Körper liegt. Ist der Unterschied zwischen dem Ohr und dem Tympanum. Ist die Funktion durch Ver- der Tuba Eustachii vermindert. So kommt diese Erweiterung durch die Resonanz verschiedenen Luftströmungen. Ist es eine gewisse. Olfaktorische Luft ist eine stärker. Wenn es einem dem Schmerz aufzutreten beiden Körper. 2. 2. Klappen etc. Ist abgeschlossene Luft. Ist es eine. Setzt man Röhren von bestimmter Länge über. So nimmt man den in der Resonanz entsprechenden Ton verstärkt mit dem 1. Schallströmung. Ist es Resonanz.

[illegible]

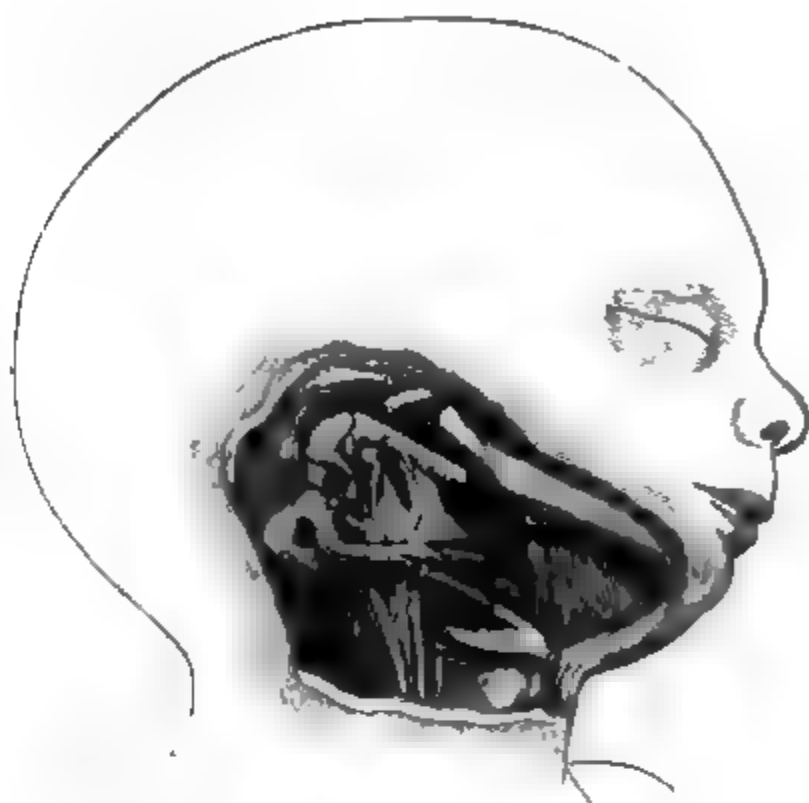
**RECHNUNG ZUR WIRTSCHAFTS- UND VERKEHRSPOLITIK**

**DE L'INSTITUTION DE L'ÉTAT**

~~SECRET~~ ~~STATION~~ ~~DER~~ ~~11TH~~ ~~REARMA~~ ~~DER~~ ~~ARMY~~ ~~OF~~ ~~THE~~

[illegible]

Fig. 238.



Kopf und Hals eines menschlichen Embryo aus dem 5. Monate (von circa 18 Wochen) vergrößert. Der Unterkiefer ist etwas nach oben gezogen, um den Mackenz'schen Knorpel zu zeigen, der zum Hammer führt. Aussen an demselben liegt der Nervus mylohyoides, innen davon der Querschnitt des Pterygoideus internus und der M. mylohyoides. Das Trommelfell ist entfernt und der Annulus tympanicus sichtbar, der mit seinem breiten vorderen Ende den Mackenz'schen Knorpel deckt und dicht hinter sich den Eingang in die Tuba Eustachii zeigt. Ausserdem sieht man Amboss und Steigbügel sammt dem Promontorium, dahinter die knorpelige Pars mastoidea mit dem Proc. mastoideus und dem langen gebogenen Pr. styloideus, zwischen beiden das Foramen stylomastoideum; ferner den M. styloglossus, darunter das Lig. stylohyoideum zum Cornu minus ossis hyoides, dessen Cornu majus auch deutlich ist, und den abgeschnittenen M. stylohyoides. Am Halse sind blossgelegt der N. hypoglossus, die Carotis, der Vagus, einige Muskeln und der Kehlkopf zum Theil.

Fig. 239



Kopf eines Hühnerembryo vom dritten Tage, vergr., Chromsäurepräparat. 1. von vorn, 2. von der Seite. a Geruchgrübchen, l Linie mit einer runden Oeffnung, durch die ihre Höhle nach aussen mündet, gl Augenspalte, die mit der Bildung des Glaskörpers zusammenhängt. o Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens, u Unterkieferfortsatz desselben, g Gehörbläschen durch eine runde Oeffnung nach aussen mündend. Ausserdem sind noch der zweite und dritte Kiemenbogen und in der Fig. 1 auch die Mundspalte sichtbar.

Umhüllungen des Labyrinths geliefert; das mittlere und äussere Ohr mit den Gehörknöchelchen und den Trommelfell entstehen aus Theilen der Kiemenbogen und der ersten Kiemenspalte (S. 52, Fig. 49, 239).

#### Äusseres und mittleres Ohr.

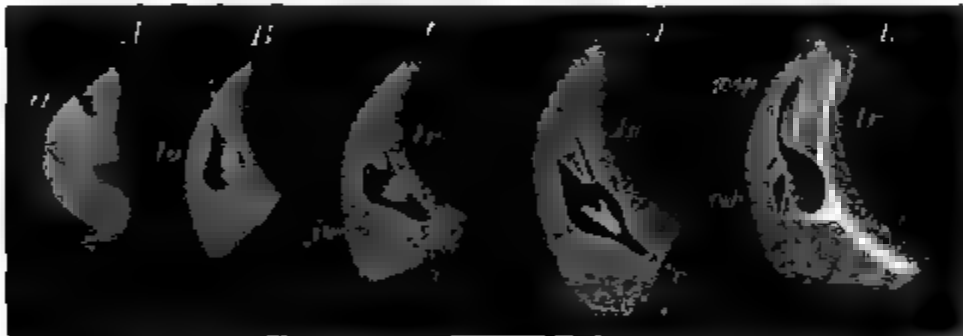
— Der knorpelige Theil des ersten Kiemenbogens bildet Hammer und Amboss und den sogenannten Meckel'schen Fortsatz (Fig. 238). Hammer und Amboss sind im Anfang knorpelig, im 4. Monat beginnen sie vom Periost aus zu verknöchern (H. Meunier), beim Neugeborenen sind sie ihm noch knorpelig. Der Meckel'sche Fortsatz erhält sich unverknöchert bis zum 8. Monat, von da an schwand er bis auf den langen Hammerfortsatz. Der Steigbügel geht aus dem Anfangsstück des zweiten Kiemenbogens hervor. Der Steigbügel ist zunächst ein undurchbohrtes, stabförmiges Gebilde, wie bleibend bei vielen Thieren, erst später entsteht an dem noch knorpeligen Steigbügel durch Resorption ein Loch, woraus sich dann seine eigenthümliche Form weiter entwickelt. Während des Fötallebens sind die Gehörknöchelchen in ein Gallertgewebe eingelagert, das erst mit dem Eintritt der geathmeten Luft in die Tuba und Paukenhöhle in eine Schleimhaut umgewandelt wird. Dasselbe Gallertgewebe, welches die Paukenhöhle erfüllt, verschliesst im Fötalleben auch die Tuba. Das Trommelfell ist beim Embryo dicker, besonders sein Cutisüberzug, seine Stellung ist nahezu horizontal. Der knöcherne Gehörgang entsteht aus dem knöchernen Annulus tympanicus, der erst nach der Geburt mit dem Felsenbeine verwächst (Fig. 239).

**Labyrinth.** — Beim Hühnerembryo entstehen in der zweiten Hälfte des zweiten Brütages an beiden Kopfseiten, etwa in der Nachhirnamitte, in der Gegend der Urwirbelplatten (also eigentlich dem Rücken entsprechend) die oben erwähnten beiden seitlichen

hen, deren Mündung am Ende des zweiten Tages schon ziemlich eng erscheint und sich im dritten Tage schliesst. Es entsteht dadurch ein Bläschen: Gehör- oder Labyrinthbläschen. Ebenso ist die Bildung des Gehörbläschens bei Fischen. Aus den Beobachtungen von RABE geht hervor, dass auch bei den Säugethieren die Bildung in dieser Weise erfolgt. RABE und REISSNER wird das Labyrinthbläschen durch Wachstum seiner epitheialen Wand zunächst birnförmig und scheidet sich in einen oberen länglichen, der Verschluss des Bläschens zugerichteten Anhang (*Recessus labyrinthi*, REISSNER) und einen unteren runden Abschnitt, die Anlage des Vorhofs. Bald bildet sich an dem letzteren, der sich in ein rundlich-eckiges Säckchen ausbuchtet, ein zweiter Anhang nach vorn und unten, die Anlage der Schnecke. An der Vorhofsanlage entstehen rundliche, dann in die Länge ziehende Aussackungen, die später in ihren mittleren Theilen zu je einem, zuerst kreisförmigen Canal verwachsen (Fig. 240). Das runde Säckchen bildet sich wahrlich durch eine analoge Abschnürung aus der allgemeinen Vorhofsanlage. In derselben Weise, wie das auch vom äusseren Keimblatt sich abschnürende Medullarrohr, erhält auch die Labyrinthblase vom mittleren Keimblatt eine bindegewebige und gefässhaltige Hülle und eine äussere festere, knorpelige, später verknöchernde Kapsel. Der mit dem äusseren Labyrinthwasser erfüllte Raum enthält zuerst Gallertgewebe.

Die Schnecke, d. h. der eigentliche Schnecken canal, erscheint (KÖLLIKER) in der ersten Zeit als eine längliche Ausbuchtung der primitiven Labyrinthblase. In seiner weiteren Entwicklung wächst der Schnecken canal, *Ductus cochlearis*, in die Länge und krümmt sich nach innen, bis er horizontal in der Schädelbasis liegt. Seine Form ist dann ziemlich so, wie sich der Schnecken canal bei den Vögeln und bei den niedersten Säugern

Fig. 240.



Entwicklung des Labyrinthes beim Hörschnecke. Senkrechte Querschnitte der Schädelanlage. A Labyrinthgrube. B Labyrinthbläschen. C Anlage der Schnecke. D *Recessus labyrinthi*. Esp Hinterer Bogengang. Eae Äusserer Bogengang. Jv Jugularvene.

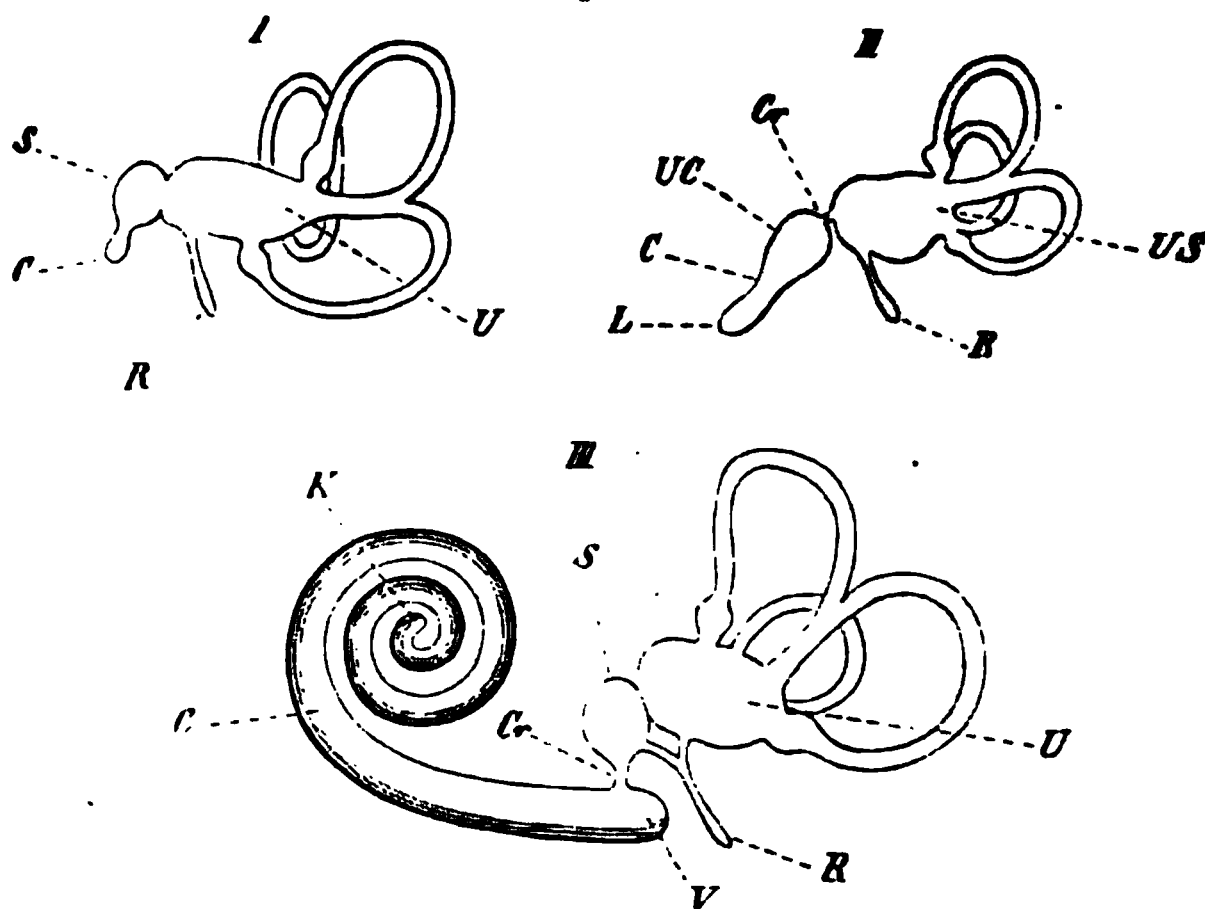
aus (Ornithorhynchus) findet. Bei dem Menschen und den übrigen Säugern wächst das Ohr aus der bekannten Spiralkrümmung aus. Die umgebende Schädelwand wuchert mit und bildet eine Kapsel um das Schneckenrohr dar. In der achten Woche hat der menschliche Schnecken canal schon eine ganze Windung, in der zwölften Woche ist er vollkommen ausgebildet. Die Coarctische Membran ist eine Cuticularbildung. Die Verknöcherung der Labyrinthkapsel beginnt etwa im sechsten Monat, *Modiolus* und *Lamina spiralis* sind zu der Zeit ganz häutig (KÖLLIKER).

### Zur vergleichenden Anatomie des Ohres.

**Häutiges Labyrinth der Wirbelthiere (WALDEYER).** — Das eiförmige Säckchen mit abkreisförmigen Canälen zeigt sich schon bei der Mehrzahl der Fische in vollkommener Entwicklung. Eine wesentliche Ausbildung des runden Säckchens und des Schnecken canals findet sich erst bei den höheren Wirbelthieren. Bei den Knochenfischen findet man die erste Andeutung eines Schnecken canals, *Ductus cochlearis*. Es ist das die kleine von

BRESCHET Cysticula benannte Ausbuchtung des runden Säckchens (HASSE) (Fig. 244 I. c.). Bei den Amphibien finden sich ebenfalls der Schnecke zuzurechnende Abschnitte des Sacculus und zwar, ausser einer der Cysticula entsprechenden Ausbuchtung, Verdickungen der Wand mit besonderen Nervenendigungen (DEITERS, HASSE). Bei den Reptilien, besonders bei den Krokodilen, erheben sich sämtliche Abtheilungen der Schnecke als kegelförmiger Anhang über das Niveau des Säckchens. Bei den Vögeln scheinen die beiden Säckchen zu einem gemeinsamen Alveus communis verschmolzen (HASSE), der Schneckencanal zeigt sich bedeutend verlängert, und man kann an ihm mehrere Abschnitte, den Anfangstheil oder die eigentliche Schnecke, und den flaschenförmigen Endabschnitt, die Lagena (WINDISCHMANN, der Cysticula der Amphibien entsprechend, unterscheiden. Der Schneckencanal zeigt schon Andeutungen einer spiraligen Aufwicklung; er communicirt mit dem Alveus durch einen engen (manchmal oblitterirenden) Canal, Canalis reuniens (Fig. 244. II.). Bei den niedersten Säugern sind die Verhältnisse des inneren Ohres denen bei den Vögeln ähnlich, das Labyrinth der höheren Säuger entspricht dem des Menschen (Fig. 244, III.). Sowohl das runde als das eirunde Säckchen enthalten Otolithen von konstanter, aber nach den Abtheilungen wechselnder Form. Der oben S. 925 beschriebene Endsack des häutigen Aquaeductus vestibuli endigt bei fast allen Wirbelthieren blind intracraniell, bei Haifischen und Rochen (Plagiostomen) gelangt derselbe, durch die Knorpelkapsel des Schädels brechend, auf dessen Oberfläche (HASSE); WIEDERSHEIM entdeckte, dass der endolymphatische Endsack bei einer Art Haftzeher, dem auf Sardinien und dem Felseneiland Tinetto lebenden *Phyllodactylus europaeus*, nicht nur die Schädelhöhle verlässt, sondern als ein mächtig entwickelter, mit Otolithen gefüllter Beutel: Krysallack, bis zur Halsregion herabreicht. Bei vielen Teleostien (GEGENBAUR) steht das häutige Labyrinth mit der Schwimmblase in einer an das mittlere Ohr beim Menschen erinnernden Verbindung. Bei den Cyprinoiden verläuft von jedem der

Fig. 244.



Drei schematische Zeichnungen zur Erläuterung der Verhältnisse des Gehörlabyrinthes in der Wirbelthierreihe. I) Schema des Fischlabyrinthes. U Utriculus mit Bogengängen. S Sacculus. C Cysticula. R Aquaeductus vestibuli. II) Schema des Vogellabyrinthes. US Alveus communis. C Cochlea. UC Anfangstheil der Schnecke. L Lagena. Cr Canalis reuniens. R wie vorhin. III) Schema des Säugethierlabyrinthes. U, S, Cr wie vorhin. R Aquaeductus vestibuli, sich in zwei Schenkel für Utriculus und Sacculus spaltend. Seine oben S. 925 beschriebene blasige intracranielle Erweiterung ist weggelassen. C Ductus cochlearis mit V, dem Vorhofsblindsack, und K, dem Kuppelblindsack.

den Siluroiden, Clupeiden etc. (REISSNER, E. H. WEBER). In den Theilen der knöchernen Labyrinthwand, welche an der Aussenfläche des Schädels liegen, zeigen sich schon, bei den

beiden Vorhöfe aus je ein Canal nach hinten, die durch einen querverlaufenden Sinus impar mit einander communiciren. Aus letzterem tritt jederseits ein häutiges Säckchen (Atrium sinus imparis) zu einer am hinteren Schädelabschnitte gelegenen, durch ein napfförmiges Knochenstückchen theilweise verschlossenen Oeffnung. Das Knochenstückchen steht durch Bandmasse mit einer Reihe verschieden gestalteter theilweise aus Modificationen der Rippen hervorgehenden Knöchelchen in Verbindung; das grösste ist an dem vorderen Ende der Schwimmblase befestigt, wodurch eine continuirliche Kette zwischen Vorhof und Schwimmblase hergestellt wird. Aehnliche theilweise noch complicirte Apparate sind bekannt bei



Amphibien beginnend, Lücken, welche in mannigfacher Weise eine Communication mit anderen mit dem inneren Ohre sich verbindenden Apparaten ermöglichen. Solche Oeffnungen sind die beiden Fenster des Labyrinths. In das ovale Fenster ist stets ein plattenförmiges Knochenstück eingesetzt. Das mit einer Membran verschlossene runde Fenster findet sich zuerst bei den Reptilien.

Der erste Kiemenbogen besteht bei Fischen (Selachiern und Ganoiden) als Spritzlochort, in der Wirbelthierreihe aufsteigend, von den Amphibien an, finden wir ihn in nähere Beziehung zum Labyrinth treten und einen Hohlraum bilden, welcher in seinem von der Labyrinthwand begrenzten weiteren Theile als Paukenhöhle bezeichnet wird; der in die primitive Mundhöhle führende Abschnitt, welcher sich von dieser in die Paukenhöhle ausstülpt, heisst Tuba Eustachii. Während der ersten Entwicklung besteht bei allen Wirbelthieren eine Oeffnung, dem Spritzloch entsprechende Communication von aussen nach innen. In der Folge bildet sich ein Verschluss der Visceralspalte, welcher (GEGENBAUR) bei Cöcilien und Urodelen (Schwanzlurchen) vollkommen wird; bei den Anuren finden sich dagegen Uebergänge bis zur Bildung einer Paukenhöhle, die nach aussen von einem Trommelfell abgeschlossen wird. Bei den meisten Reptilien und Vögeln findet sich Paukenhöhle und Trommelfell, letzteres fehlt dem Chamäleon, die Paukenhöhle den Schlangen und Amphisbaenen. Die beiden Tuben vereinigen sich bei Krokodilen, Vögeln (und bei Pipa) zu einem einfachen Gange.

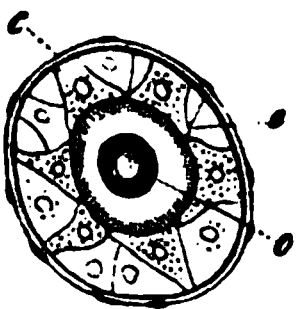
Mit dem knöchernen Labyrinth verbindet sich ein Abschnitt des Visceralskelettes: die Gehörknöchelchen, zu einem eigenen Knochenapparat. Aus dem obersten Abschnitt des zweiten Kiemenbogens, aus dem sich auch bei Säugethieren der Steigbügel entwickelt, entsteht ganz allgemein bei den Wirbelthieren ein in das ovale Fenster durch ein Ringband eingesetztes, getrenntes Skeletstückchen. Bei den Urodelen ist es ein plattes Knöchelchen: Operculum, das mit dem Palato-Quadratum sich entweder durch ein Band verbindet oder einen stielartigen Fortsatz besitzt. Aehnlich ist es bei den Schlangen (Eurystomata), bei welchen ein Knochenstückchen: Columella, zum Quadratbein verläuft. Wo sich ein Trommelfell findet, setzt sich die Columella mit diesem in Verbindung und erscheint dann mehr oder weniger innerhalb der Paukenhöhle gelagert. Diese Verbindung tritt zuerst bei den Anuren auf, und in vervollkommneter Weise, indem sich die Paukenhöhle erweitert, bei Sauriern, Chelonien und Vögeln. Bei den Schildkröten ist die Columella ein langes, dünnes Knöchelchen mit einer in das ovale Fenster eingesetzten Fussplatte. Meist zeigt sie gegen ihre Fussplatte zu nur eine Verbreiterung, bei einigen Vögeln (Dromaeus) nähert sie sich mehr der Gestalt des Säugethiersteigbügels, indem sie in zwei Schenkel zerfällt. Bei den Säugethieren verbindet sich die Columella = Stapes, Steigbügel, niemals direct mit dem Trommelfell. Die beiden anderen Gehörknöchelchen bilden sich aus Resten des ersten Kiemenbogens (cf. S. 849). Bei den Monotremen und Beutelhieren ist die Form des Steigbügels reptilienartig. Der Steigbügel ist unbeweglich, indem er mit dem Rande des ovalen Fensters verwächst(?), bei Wiederkäuern, Einhufern u. a. ist seine Verbindung äusserst fest. Auch sonst kommen noch eigenthümliche, die Function der Gehörknöchelchen, wie es scheint, wesentlich beschränkende Verbindungen derselben vor. Bei Echidna ist nicht nur der Hammer mit dem Amboss vereinigt, sondern auch der sehr starke und lange Hammerfortsatz verschmilzt mit dem Tympanicum.

Das äussere Ohr geht aus den Randbildungen der ersten Kiemenspalte hervor. Bei Amphibien, Reptilien und Vögeln finden sich dem äusseren Ohre der Säuger entsprechende Bildungen nur vereinzelt. Bei Krokodilen z. B. deckt eine Hautfalte mit knöcherner Einlage das Trommelfell, bei Eulen findet sich eine bewegliche häutige Ohrklappe. Bei Sauriern tritt ein kurzer, äusserer knöcherner Gehörgang auf. Den Monotremen fehlt das äussere Ohr; bei den im Wasser lebenden Säugethieren zeigt es eine auffallende Rückbildung oder fehlt ebenfalls ganz.

**Die Gehörorgane wirbelloser Thiere.** — Bei den Medusen werden meist die Kymen enthaltenden Randbläschen als Gehörorgane angesprochen. Bei den Würmern finden

sich ziemlich verbreitet Hörorgane, welche aus einer innen nicht selten (GEGENBAUR) mit cilientragenden Zellen ausgekleideten bläschenförmigen Kapsel bestehen, in welcher ein grösserer Otolith oder ein Haufen kleinerer eingeschlossen sind. In einigen Fällen ist die Beziehung dieser Gehörbläschen zu dem Nervensysteme konstatiert. Die Hörorgane der Krustenthier fanden oben (S. 937) ihre Besprechung. Hier stehen »Hörhaare« theils an freien Körperstellen, theils in offenen Hörgruben, theils in Gehörbläschen. Die Hörhaare erscheinen hier nur als Modificationen anderer ebenfalls Nervenendigungen erhaltender »Haare« des Integuments, wie z. B. der »Taststäbchen« (GEGENBAUR, HENSEN). Bei den Insecten ist das Gehörorgan, so weit es sich hat nachweisen lassen, ganz anders gebaut (J. MÜLLER, v. SIEBOLD, LEYDIG, HENSEN u. A.). Im Allgemeinen ist eine Membran, »Tympanum«, wie ein Trommelfell an einem festen Chitinring ausgespannt. An ihrer dem Innern des Körpers zugekehrten Fläche lagert sich eine Tracheenblase. Zwischen ihr und dem Trommelfell findet sich eine ganglienartige Nervenausbreitung, säulenförmige Stiftchen in bestimmter Anordnung erscheinen als Nervenendorgane, sie hängen mit dem Ganglion durch feine starre (J. RANKE) Ausläufer zusammen. Die Lage des Gehörorgans ist wechselnd. Bei Acridiern findet es sich dicht über der Basis des dritten Fusspaares, bei Locustiden und Achetiden liegt es in den Schienen der beiden Vorderfüsse. An der Wurzel der Hinterflügel der Käfer, und an der Schwingkolbenbasis der Dipteren finden sich den Gehörorganen zuzurechnende Gebilde, aber ohne Tympanum, doch mit ähnlichen stiftartigen Nervenendorganen. Das Hörorgan der Mollusken besteht im Allgemeinen aus einem im Innern mit Cilien tragenden Zellen besetzten Bläschen, in welchem feste kugelige Concretionen oder krystallinische Gebilde als Otolithen enthalten sind. Die Brachiopoden scheinen nur im Larvenzustande Gehörorgane zu besitzen. Das Hörbläschen der Lamellibranchiaten liegt am Fussganglion an (v. SIEBOLD) (Fig. 242). Analoge verschieden

Fig. 242.



Hörorgan von Cyclops.  
c Gehörkapsel, e Wimpertragende Epithelzellen. o Otolith.  
(Nach LEYDIG).

gelagerte Hörbläschen mit Otolithen finden sich bei Cephalophoren und Heteropoden. Bei letzteren (Pterotrachea) tragen die Epithelzellen starre borstenförmige, nur an der Ursprungsstelle bewegliche Cilien von verschiedener, gegen den einen Pol der kugeligen Blase zu abnehmender Länge. Die Cilien liegen im akustischen Ruhezustand des Obres an der Innenwand der Hörblase an, bei stärkeren Geräuschen und Tönen schnellen sie aber auf und stossen den grossen kugeligen Otolithen gegen jenen Pol zu, wo sich ein eigentliches akustisches Organ befindet, in dessen Mitte eine von kleineren Stäbchenzellen umgebene mächtige, stäbchenartige akustische Zelle steht (J. RANKE). Bei den Cephalopoden werden die Formen des Organs mannigfaltiger. Bei den Dibranchiaten wird das Bläschen, das damit eine Art Labyrinth darstellt, von Knorpel umschlossen, bei Decapoden wird seine Form durch Ausbuchtungen und

Vorsprünge noch complicirter. Die Endigungen der Hörnerven finden sich an zwei Wandstellen und zwar an einer wahren Crista acustica mit Stäbchenzellen und cuticularer Deckplatte, analog den Einrichtungen im Wirbelthierohre.

## Fünfundzwanzigstes Capitel.

### Geruchssinn und Geschmackssinn.

#### I. Der Geruchssinn.

---

##### Das Geruchsorgan.

Die beiden Sinnesorgane, welche uns noch zu betrachten obliegt, haben insofern einige Aehnlichkeit, als für beide chemische Agentien den normalen Reiz darstellen.

Die spezifische Sinnesthätigkeit, welche wir subjektiv als Riechen bezeichnen, wird normal durch die Endorgane des N. Olfactorius angeregt, welche ihren Reizungszustand, der nur durch gewisse flüchtige oder gasförmige, bis zu einem gewissen Grade in Wasser, d. h. in der Gewebsflüssigkeit, welche die Riechschleimhaut durchtränkt, löslichen Stoffe hervorgerufen wird, auf die Olfactoriusfasern und von da auf die Centralorgane des Geruchssinns im Gehirn übertragen. Die Erregung gewisser Gehirnpartien erweckt die Vorstellung einer Geruchsempfindung, deren Quelle stets nach aussen verlegt wird.

Nur die obersten Theile der Schleimhaut der eigentlichen Nasenhöhlen, an denen allein sich der Olfactorius verbreitet, stehen in directer Beziehung zu den Geruchsempfindungen. Die übrigen Theile der Nasenhöhlen und ihrer benannten Nebenhöhlen sind als Anhänge und Thore der Respirationsorgane zu betrachten.

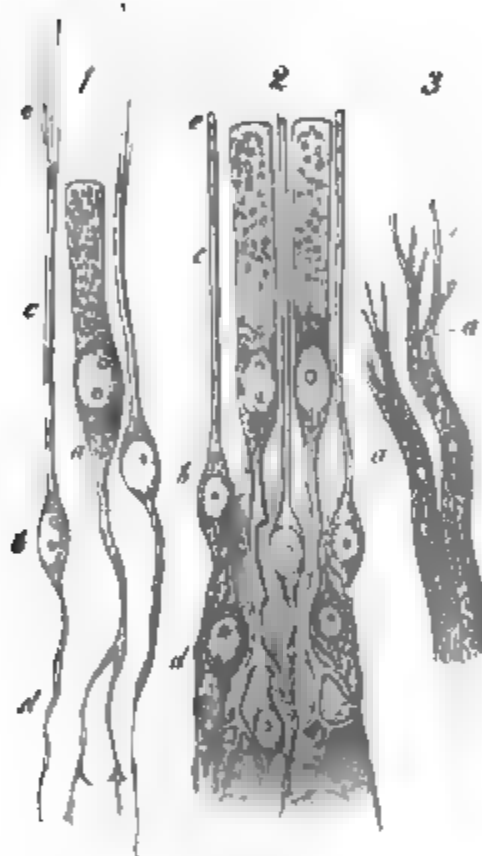
Die äussere Haut der Nase, welche sich durch geringe Entwicklung des Knorpelkörpers, sowie durch eine sehr feine Epidermis auszeichnet, erstreckt sich noch etwas über den Rand der Nasenlöcher in die unteren Abschnitte der Nasenhöhlen, und geht dort allmählig in die Schleimhaut der Nase über. Der grösste Theil der Innenwand der Nasenhöhlen wird von einer flimmernden Schleimhaut ausgekleidet, ein kleinerer Theil, an welchem sich die Fasern des Olfactorius verbreiten: die eigentliche Geruchsschleimhaut, trägt ein nicht flimmerndes Epithel.

Der flimmernde Theil der Schleimhaut besitzt eine grosse Anzahl traubenförmiger Schleimdrüsen, sowie eine reichliche Menge von Venen, welche na-

mentlich am Rande und an dem hinteren Ende der unteren Muschel fast kaver-nöse Venennetze bilden (KÖLLIKER). In den Nebenhöhlen der Nase fehlen die Schleimdrüsen fast gänzlich.

Die eigentliche Riechschleimhaut, welche besonders durch M. SCHULTZE erforscht worden ist, überkleidet den oberen Theil der Nasenscheidewand und die beiden oberen Nasenmuscheln. Eine gelbliche Färbung unterscheidet die eigentliche Riechschleimhaut schon für das unbewaffnete Auge von dem blimmernden, von durchschimmerndem Blut mehr röthlich gefärbten respiratorischen Theile der Nasenschleimhaut. Das Epithel der Riechschleimhaut ist dick, aber ungemein zart und weich und besteht aus einer Schicht langgestreckter Zellen

Fig. 243.



1 Zellen der Regio olfactoria vom Fro-eche. a Eine Epithelzelle, nach unten in einen ramificirten Fortsatz ausgehend; b Riechzellen mit dem absteigenden Faden d, dem peripherischen Stäbchen c und den langen Flimmerhaaren s. 2. Zellen aus der gleichen Gegend vom Menschen. Die Bezeichnung dieselbe; nur kommen auf den Stifchen (als Artefacte) kurze Aufsätze e vor. 3. Nervenfasern des Olfactorius vom Hunde, bei a in feinere Fibrillen zerfallend.

von doppelter Form: Die einen erscheinen als Cylinderzellen, welche verästelte Ausläufer nach abwärts senden. Diese Zellen enthalten längliche Kerne, eingebettet in einen körnigen Inhalt, in dem man gelbe oder braunrothe Farbkörnchen eingestreut findet, welche der ganzen Membran die eigenthümliche Färbung verleihen. Zwischen diesen Cylinderzellen, Stützzellen, finden sich die von M. SCHULTZE entdeckten Riechzellen. Es sind langgestreckte spindelförmige Zellen mit rundem hellem Kern und Kernkörperchen ohne farbigen Inhalt (Fig. 243). Jede solche Zelle besitzt zwei Ausläufer, von denen der eine etwas dickere zwischen den Epithelzellen nach aufwärts steigt und mit einem abgestutzten Ende an der Oberfläche der Epithelschicht, also frei endigt. Bei Vögeln und Amphibien ist das freie Ende mit Cilien (Riechhärchen) besetzt, welche dem Menschen und den Säugern fehlen. Der zweite Fortsatz ist sehr fein, geht nach abwärts gegen die Schleimhaut und zeigt jene varikösen Anschwellungen, wie sie so häufig an den feinsten Nervenfasern, durch die Präparationsmethoden bedingt, auftreten. Die Basalfortsätze werden als die feinsten Fibrillen des Olfactorius gedeutet. Nach EXNER bilden sie zunächst ein feines Maschenwerk, in welches die Fasern des Olfactorius zunächst übergehen und mit welchem sich auch die breiteren Endfasern der sogenannten Epithelzellen verbinden sollen, was L.

SCHULTZE nicht bestätigen konnte. Um jede Cylinderzelle der Riechschleimhaut steht nach BABUCHIN ein Kranz von Riechzellen (Fig. 244). A. von BARR entdeckte, dass die freie Fläche des Riechepithels von einer Deckhaut *Membrana limitans olfactoria*, bedeckt und gegen die Aussenwelt abgeschlossen sei. Die peripherischen Fortsätze der Riechzellen durchbohren diese Grenzschrift in kurzen Kanälchen und endigen frei auf der Oberfläche,

ur erstere können sonach die Einwirkungen der Geruchsstoffe direct aufnehmen.

BABUCHIN beschreibt noch andere eigenthümlich gestaltete, den ENGELMANN'schen Gabelzellen in den Geschmacksorganen der Froschzunge ähnliche Zellen in der Riechschleimhaut, die an Nervenendorgane erinnern. Auch freie Nervenendigungen scheinen ihm vorzukommen, vielleicht die einfach sensiblen Nerven der Nasenschleimhaut (cf. unten).

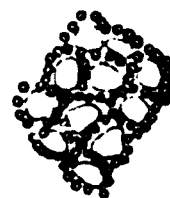
Im Tractus olfactorius, besitzt der Olfactorius dunkelrandige Nervenfasern, im Bulbus finden sich neben diesen auch viele Nervenzellen. Die Fasern des Olfactorius: die Nervi olfactorii unterscheiden sich dagegen auch in ihren Hauptstämmchen schon wesentlich von den übrigen Nerven. Die Fasern, aus denen sie bestehen, sind blass, mit Myelinscheiden versehen, körnig, plattgedrückt. M. SCHULTZE hält diese Nervenfasern noch weiter aus feinsten Fäserchen zusammengesetzt, welche von einer zarten Scheide zusammengehalten werden. Gegen die Endäste gehen die breiteren Fasern nach und nach in feinere Fasern über; nach M. SCHULTZE spaltet sich schliesslich jede Olfactoriusfaser in ein Bündel feinsten, variköser, blasser Fäserchen, welche die Schleimhaut durchbohren und jedes sich mit einer Riechzelle verbinden.

Die dem Geruchssinn nicht dienenden Theile der inneren Nase werden von den Ästen des N. trigeminus (Ethmoidalis, Nasales posteriores, Ast des Dentalis anterior major) versehen. Sie senden ihre dunkelrandigen Fasern, die sich scharf von den blassen Olfactoriusfasern unterscheiden, auch in die eigentliche Riechhaut hinein (KÖLLIKER, M. SCHULTZE).

Bei dem Menschen finden sich in der Riechschleimhaut einfache Schleimdrüsen, deren Sekret die Oberfläche feucht und dadurch geeignet für die Aufnahme von Geruchseindrücken erhält.

**Zur Entwicklungsgeschichte.** — (S. 820.) Die Riechorgane erscheinen noch in der ersten Woche des menschlichen Embryonallebens als seichte, ganz vorn am Kopfe gelegene Grübchen (REICHERT, BISCHOFF u. A.), welche sich in der Folge mit der Mundhöhle zunächst zu einer gemeinsamen Grube vereinigen. Die anfangs ganz flachen und kleinen rundlichen Riechgrübchen vertiefen sich bald und umgeben sich mit einem leicht hervortretenden Rand. Schon am 2. Tage zeigen sich beim Hühnchen, bei welchem die Entwicklung ziemlich genau der beim Menschen beobachteten entspricht (KÖLLIKER), die Riechgrübchen vergrössert und vertieft, ihre Form wird länglich, am unteren schmalen Ende tritt eine Furche (Nasenfurche) auf, welche das Grübchen mit dem Eingang der primitiven Mundhöhle verbindet, woraus sich durch Vertiefung der Furche eine offene Verbindung der nun von ziemlich stark vertieften primitiven Nasenhöhle und primitiven Mundhöhle herausbildet. Durch Anlagerung des Oberkieferfortsatzes wird die Nasenfurche äusserlich geschlossen und das äussere Nasenloch abgegrenzt, innen bleiben die Nasenfurchen offen und münden als innere Nasenlöcher in die primitive Mundhöhle. Beim Menschen beginnt am Ende des zweiten Monats der Gaumen sich zu bilden, durch welchen die primitive Mundhöhle in einen oberen respiratorischen und einen unteren digestiven Abschnitt getrennt wird. Die Ductus nasopalatini sind die, auch beim Embryo engen, Reste der ursprünglichen Verbindung der Mund- und Nasenhöhle. Die Nasenmuscheln erscheinen als knorpelige Auswüchse der Seiten-theile der knorpeligen Nase schon im zweiten Monat, im dritten Monat ist das Nasenlabyrinth im Wesentlichen fertig gebildet. Nun beginnen auch die Stirnhöhlen und anderen Nebenhöhlen sich zu entwickeln, indem durch Resorption Lücken im Knochen entstehen, in welche die Schleimhaut sich aussackt. Die äussere Nase wird am Ende des zweiten Monats durch Hervorwachsen des vorderen Endes des Nasentheils des Primordialschädels angelegt, anfangs ist sie kurz und breit. Die Nasenlöcher sind im dritten Monat mit einem im vierten Monat verschwindenden gallertigen, aus Schleim und abgelösten Epithelzellen be-

Fig. 244.



Flächenansicht der Epithelschicht der Riechgegend nach Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd (Proteus).



stehenden Pfropf geschlossen. Der Tractus und Bulbus olfactorius entstehen als Ausstülpungen der ersten Hirnblase. Von dem Bulbus aus scheinen die Nervi olfactorii in das Nasenlabyrinth hinein zu wachsen.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Fast alle Hauptstadien der Nasenbildung des Menschen zeigen sich bei gewissen Wirbelthieren als bleibende Bildungen. Die geschlossenen Riechgruben der Fische entsprechen dem embryonalen Riechgrübchen. Beständig im Wasser lebende Thiere können keine Geruchsempfindungen haben, welche denen in der Luft lebender Thiere vollkommen entsprechen, ihr Riechen wird sich mehr den bei ihnen ganz besonders entwickelten Geschmacksempfindungen (cf. unten) anreihen; auch beim Menschen haben die Eindrücke beider Sinne manches Gemeinsame. Bei den Batrachiern münden die Geruchsorgane durch kurze Nasengänge vorn in die der primitiven Mundhöhle der Embryonen entsprechende Mundhöhle ein. Bei den übrigen Wirbelthieren findet sich ein mehr oder weniger entwickelter Gaumen mit kürzeren oder längeren wahren Nasenrachengängen und einem Labyrinth. Das Verhalten der Amphibien theilen unter den Fischen die Dipnoi. Bei den Leptocardiern ist die Riechgrube einfach (Monorhina), auch bei Cyclostomen, jedoch zu einem Schlauche vertieft, bei Petromyzon endet derselbe blind, bei den Myxinoiden steht er mit der Mundhöhle in offener Verbindung. Die übrigen Wirbelthiere besitzen paarige Riechorgane. Bei Selachiern und Chimaeren bleibt die embryonale Nasenrinne stabil, sie verläuft zu den Mundwinkeln, bei Rochen ist sie in einen tieferen Canal umgewandelt. Die Ausbreitung und Endigung des Olfactorius findet sich bei Säugethieren wie beim Menschen nur auf der oberen Nasenmuschel und dem oberen Abschnitt der Nasenscheidewand. In der Regio olfactoria finden sich bei allen Wirbelthieren die oben beschriebenen Riechzellen, welche man als Endorgane des Olfactorius deutet.

Unter den wirbellosen Thieren treten die ersten als Riechorgane oder Geschmacksgane (?) gedeuteten Sinnesorgane als mit wimpernden Zellen ausgekleidete, seichtere oder fischförmige Gruben, zu denen starke Nerven herantreten, bei den Würmern auf. Bei den Nemertinen liegen sie an den Seiten des Kopftheils, bei den Tunicaten vor der dorsalen Befestigung des Kiemenbalkens. Bei den Arthropoden liegen die von LEYDIG u. A. entdeckten Geruchsorgane an den Antennen. Sie bilden bei den Crustaceen feine Anhänge, Riechstäbchen, an den inneren Antennen. Auch an den Fühlern (Antennen) der Insecten finden sich kürzere Papillen oder feine Leisten, die man jetzt als Riechstäbchen deutet, während man früher grubenförmige Vertiefungen an den Fühlern als Riechorgane auffasste. Bei den Mollusken werden grösstentheils wimpertragende Stellen, zu welchen ein manchmal eine Anschwellung bildender Nerv verläuft, als Geruchsorgane angesprochen. Bei den Cephalopoden finden sich Riechgrübchen oder flache Papillen dicht hinter den Augen liegend mit Wimperzellen besetzt, es tritt ein Nerv heran, der neben dem Sehnerven entspringt (GEGENBAUR). Nach SERNOFF finden sich hier Riechzellen, denen der Wirbelthiere ganz analog.

### Die Geruchsempfindungen.

Die Geruchsempfindungen besitzen keine definirbaren Qualitäten. Wir unterscheiden sie ziemlich scharf nach den einzelnen Stoffen, durch welche sie hervorgerufen werden, nach denen wir sie auch bezeichnen. Eine Reihe durch die Schleimhaut der Nase vermittelter Empfindungen, die man in der gewöhnlichen Ausdrucksweise auch zu den Geruchsempfindungen rechnet, z. B. der stechende Geruch, sind reine Gemeingefühlsempfindungen, die mit der specifischen Energie des Olfactorius nichts zu schaffen haben. Wir empfinden das stechende Gefühl, z. B. des Ammoniak oder der Essigsäure, durch die betreffenden Stoffe in analoger Weise an der Bindehaut des Auges wie an der Nasenschleimhaut.

Normale Geruchsempfindungen erfordern ein normales Verhalten der Endorgane des Olfactorius. Jedermann kennt die Störung der Geruchsempfindungen schon durch leichte katarrhalische Entzündungen der Nasenschleimhaut. WEBER hat gefunden, dass das Riechvermögen für einige Minuten vollkommen aufgehoben werden kann, wenn wir, auf dem Rücken liegend, unsere Nasenhöhlen nur kurze Zeit mit Wasser gefüllt hatten.

Die Geruchsempfindungen kommen nur dann zu Stande, wenn die riechenden, gasartigen Stoffe in einem Luftstrom mehr oder weniger rasch in die Nase hineingezogen werden (Spüren der Jagdhunde etc.). Stagnirt eine riechende Luft in den Nasenhöhlen, so haben wir keine Geruchsempfindung, eben so wenig, wenn der Luftstrom von der Mundhöhle in die Nase steigt, da wir normal nur Veränderungen in dem Erregungszustande unserer sensiblen Nerven, nicht dauernde Zustände zu empfinden vermögen. Es bricht sich bei dem normalen Einziehen der Luft durch die Nase die Luft an der unteren Nasenmuschel und steigt wenigstens theilweise in die oberen Regionen der Nasenhöhlen hinauf. Das Fehlen der unteren Nasenmuschel soll die Geruchswahrnehmungen beeinträchtigen, ja sogar aufheben. Bei einseitiger Facialislähmung, wobei die Luft weniger gut eingezipen werden kann, ist auf der gelähmten Seite die Riechfähigkeit geschwächt.

Die Intensität der Geruchsempfindungen, welche durch verschiedene, stärker oder schwächer riechende Stoffe hervorgerufen werden, ist ausserordentlich verschieden. Bei demselben riechbaren Stoffe steigt bei normalem Verhalten der Geruchsorgane die Intensität der Empfindung mit der Menge desselben, die in der in die Nase gezogenen Luft enthalten ist. Nach den Untersuchungen von VALENTIN riecht eine Luft noch nach Brom, welche in 1 ccm 0000 mg Brom enthält. Für Moschus nimmt er als Grenze die Wahrnehmung, wenn der Nase noch weniger als  $\frac{1}{2000000}$  mg eines weingeistigen Moschustraktes dargeboten wird. Der Geruch der Metalle scheint wie der der Electricität von Ozon herzurühren.

Mit der längeren Dauer des Geruchseindruckes ermüdet die Riechschleimhaut; wenn wir uns einige Zeit in einer riechenden Luft aufhalten, verschwindet endlich die Geruchswahrnehmung für den beständigen Geruch, ohne dass dadurch die Fähigkeit für das Erkennen anderer Gerüche abnimmt. Es erinnert uns diese Beobachtung daran, dass die Physiologie in Zukunft auch für die verschiedenen Qualitäten der Riechstoffe specifische Endorgane wird annehmen müssen. Im Alter atrophirt der Geruchsnerv mehr und mehr und die Feinheit des Sinnes nimmt dadurch ab. Bei vielen Greisen fehlt das Geruchsvermögen gänzlich (J. L. PREVOST).

Es werden in manchen krankhaften Fällen hier und da subjektive Gerüche empfunden. Sehr häufig beruhen diese Beobachtungen sicher auf Täuschungen durch krankhaft gesteigerte Empfindlichkeit des Geruchsorganes, welches objektiv vorhandene, aber sehr schwache Gerüche noch wahrnimmt. Es werden dagegen auch Fälle berichtet, wo die subjektive Geruchsempfindung ihre Ursache in einer directen Reizung des Gehirnes zu haben scheint. Bei einem Manne, der immer einen üblen Geruch empfunden hatte, fanden CULLENDEN und MAIGNAULT, wie J. MÜLLER berichtet, eine Eiterung in der Mitte der

Hemisphären des Gehirnes. DUBOIS hatte einen Mann gekannt, der nach einem Fall vom Pferde mehrere Jahre bis zu seinem Tode einen üblen Geruch riechen glaubte (J. MILLER). WICKHAM LEGG berichtet von einem Manne, welcher 3 Monate nach einem Falle auf die rechte hintere Schenkelbeinregion Geruch und Geschmack verloren hatte. Zur Zeit der Untersuchung roch ihm Aether, Gas oder Paraffin, Brod schmeckte wie Holz etc. In den meisten Fällen traumatischem Verlust des Geruchssinnes war die hintere Partie des Sehlappens betroffen.

Die Bezeichnung der Gerüche als angenehm oder unangenehm beruht zum Theil auf Vorstellungen, die sich an die Geruchsempfindung anschließen. Diese Vorstellungen wechseln mit den physiologischen Körperzuständen. Dem Hungrigen duftet eine Speise ausserst angenehm in die Nase, dem Gekrankten erregt derselbe Geruch Widerwillen. Der Geruchssinn ist die Quelle einer grossen Menge angenehmer Empfindungen, welche nicht ohne merklichen Einfluss auf unser gesamtes körperliches und geistiges Befinden bleiben. G. JAHN ist aber bekannt, wie ungemein verschieden sich hierin verschiedene Individuen zeigen, so dass die Bezeichnung von angenehmen und unangenehmen Gerüchen nach ihrer physisch-psychischen Bedeutung fast für jedes Einzelindividuum wechselnd ist.

## II. Der Geschmackssinn.

### Schmecken.

Gewisse Substanzen, welche das Gemeinsame haben, dass sie sich in Wasser und in den Flüssigkeiten der Mundhöhle auflösen können, erregen die Endorgane der Geschmacksnerven, als welche vor Allem die Fasern des Glosso-pharyngeus angesprochen werden. Die Geschmacksempfindungen besitzen eine Reihe von allen Menschen gleichmässig erkannter Qualitäten: süssen, saueren, bitteren, alkalischen? Geschmacks, welche wir den schmeckbaren Substanzen zuschreiben. Physikalisch sind diese Qualitäten der Empfindung ebensowenig definirbar wie die Geruchsempfindungen.

Die meisten schmeckenden Substanzen erregen nicht einfache Geschmacksempfindungen, sondern Mischempfindungen der verschiedenen Qualitäten. Wir aber hier viel schärfer zu trennen vermögen, als das bei den Mischempfindungen der übrigen Sinnesorgane gelingt. Wir schmecken deutlich verschiedene Qualitäten, aus denen sich der gemischte Geschmack zusammensetzt, heraus, so dass es kaum zweifelhaft sein kann, dass diese Mischempfindungen hervorgerufen wird durch gleichzeitige Erregung verschiedener Endorgane, die sich erst im Centralorgane des Geschmackssinnes im Gemischten mischt.

Die gleichzeitigen Empfindungen im Geschmackssinn lassen eine gewisse Erkennung und Trennung zu, dass wir unter Umständen mit der Zuhilfenahme einer genaueren chemische Analyse von Flüssigkeiten machen können als mit

gebräuchlichen Methoden der Chemie, welche wägbare Mengen der zu bestimmenden Stoffe voraussetzen. Das »Kosten« der Apotheker, Wein- und Bierkennner ist bekannt, ebenso die Genauigkeit ihres Resultates, wenn sie das Geschmacksorgan genügend geübt haben.

Ein Theil der Empfindungen, welche gleichzeitig mit Geschmacksempfindungen entstehen, sind keine Geschmäcke, sondern theils Geruchs-, theils Tast- und Gemeingefühlsempfindungen. Der stechende oder zusammenziehende Geschmack gehört der letzteren Art an, die aromatische Geschmacksempfindung ist vorwiegend eine Geruchsempfindung, welche verschwindet, wenn man die Naseneingänge verstopft. Manche scheinbar intensive Geschmacksempfindungen setzen sich lediglich aus Tastempfindungen auf der Zunge und Geruchsempfindungen zusammen.

Die Zungennerven sind drei. Der Bewegung der Zunge steht der Hypoglossus vor, der Zungenast des N. glossopharyngeus ist der Geschmacksnerv wenigstens für den hinteren Abschnitt der Zunge. Die Zungenoberfläche innervirt der Zungenast des Lingualis (Trigeminus), ein Theil seiner Fasern stammt vom Facialis (Chorda tympani). Der Lingualis erscheint als Tastnerv der Zunge, die Fasern der Chorda scheinen den Geschmackssinn in der beiden vorderen Drittel der Zunge zu vermitteln. Dem entspricht, dass nach Durchschneidung des Glossopharyngeus nur die Zungenwurzel eine Geschmacksempfindung zeigt, dass dagegen Zerstörung der beiden Chordae in der Trommelhöhle den Geschmack im Vordertheil der Zunge vernichtet; Reizung der Chordae veranlasst keine Zungenbewegung. Nach Durchschneidung des Lingualis ist der Tastsinn der Zunge gelähmt; krankhafte Affectionen der Trigeminuswurzeln sollen nur den Tastsinn, nicht den Geschmackssinn der Zunge alteriren. NEUMANN beobachtete Fälle von Facialislähmung mit Geschmackslähmung verbunden. Nach SCHIFF enthält auch der Lingualis »schmeckende« Fasern. Die maassgebenden Versuche über die Zungennerven rühren von PANIZZA, LONGET, BIFFI, LUSSANA, FICHENNE, STICH u. A. her. Der Gefäss erweiternde Nerv für den vorderen Abschnitt der Zunge ist die Chorda tympani, für den hinteren Abschnitt der Glossopharyngeus (A. VULPIAN.)

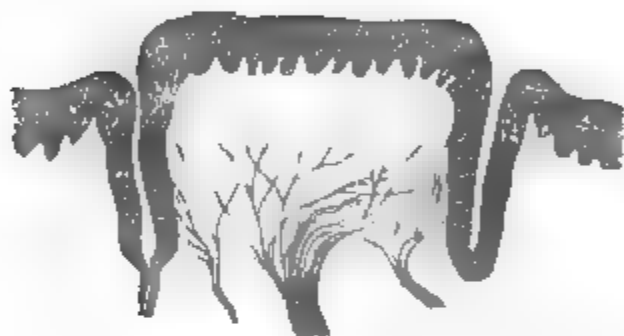
### Das Geschmacksorgan.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass die Mundhöhle der Sitz des Geschmacksorganes ist; doch war bisher noch nicht mit aller Sicherheit entschieden, welche Stellen der Mundhöhle die eigentlich Geschmack empfindenden Organe tragen, die populäre Anschauung spricht für die Zunge und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung; nach älteren Experimentaluntersuchungen, welche alle an dem Fehler litten, dass die auf eine Stelle der Mundschleimhaut angebrachten schmeckbaren Substanzen sich leicht an andere Stellen in der Mundflüssigkeit verbreiten können, wurde von einigen Autoren nur der Zungenrücken (BIDDER), von anderen auch die Zungenspitze, die Zungenränder, der weiche Gaumen, ja sogar der harte Gaumen angegeben. E. NEUMANN hat die elektrische Geschmackserregung durch den konstanten Strom zur Prüfung der Mundtheile auf die Geschmacksfunctionen verwerthet. Legt man die zwei Electroden sehr nahe an einander, so wiegt stets der saure Geschmack vor. Man kann dadurch die Geschmacksempfindung scharf lokalisiren. NEUMANN u. A. haben gefunden, dass die Zungenspitze, die Zungenränder und die Oberfläche der Zungenwurzel bis zu den Papillae circumvallatae mit Geschmack begabt sind (KLAATSCH,

STICH, SCHRIJVER, DRIELSMAN), dagegen zeigte sich als geschmacklos der vordere Theil der oberen Zungenfläche (cf. unten), die ganze untere Fläche und das Frenulum. Der schmeckende Rand beträgt mehrere Linien und greift auf die Ober- als Unterfläche der Zunge über. Schwächere Geschmackserregungen vermittelt auch die Vorderfläche des weichen Gaumens, mit Ausnahme der Uvula, etwas stärkere der Arcus glossopalatinus.

Die Schleimhaut der Mundhöhle, welche an den Lippen direct mit der äusseren Haut zusammenhängt, ist relativ dick und durch reichliche Gefässverzweigungen geröthet. Sie trägt eine ziemliche Anzahl von Papillen, von kegel- oder fadenförmiger Gestalt, die im Bau mit den Gefässpapillen der äusseren Haut übereinstimmen. In der Mucosa bilden die Papillen ein weitmaschiges Netz von feinen und feinsten Aestchen, welche an manchen Stellen Nervenfasertheilungen zeigen. Nur in grossen Papillen konnte man bisher die Nerven verfolgen. An den Lippen finden sich in den Papillen zahlreiche Tastorgane — Endkolben. Das Epithel der Mundschleimhaut ist ein geschichtetes Pflasterepithel, dessen äusserste, platte, eckige

Fig. 245.



Durchschnitt durch eine Papilla circumvallata vom Kalb. Zeigt die Vertheilung der Geschmacksknospen. <sup>20</sup>/<sub>11</sub>.

blättchen aus runden, auf der Schleimhaut aufliegenden Zellen entstehen, ganz analog der Epidermis der Oberhaut. Die auf das Epithel einwirkenden äusseren Einflüsse bewirken eine beständige Abstossung der obersten Epithelschichten mit einer entsprechenden regelmässigen Neubildung der Zellen. Es sind also die Zellen, obwohl sie eine dicke Lage bilden, doch schon ihrer Jugend wegen noch weich und für chemisch auf sie wirkende Stoffe durchdringlich, so dass gelöste Substanzen relativ leichter eindringen, und von den Blut- und Lymphgefässen aufgesaugt werden können.

Der Reichthum an Nerven ist an den verschiedenen Stellen verschieden; besonders zeichnet sich das wenig empfindliche Zahnfleisch durch Mangel an Nerven aus.

Der Bau der Zungenschleimhaut weicht auf der oberen Fläche der Zunge ziemlich bedeutend ab von dem der übrigen Schleimhaut des Mundes. Erstere ist einerseits sehr fest mit dem unterliegenden Muskelfleische verbunden, andererseits trägt sie eine grosse Anzahl verschieden gestalteter Hervorragungen, die Zungenwarschen oder Z-

Fig. 246.



Zwei Papillae filiformes des Menschen, die ein Epithel, 350mal vergr. Nach Todd-Bowman. a, v Arterielles und venöses Gefäss einer Papille sammt den Kapillareverzweigungen. b in die secundären Papillen eingehen sollten. c Epithelbekleidung, f Fortsetzung derselben.

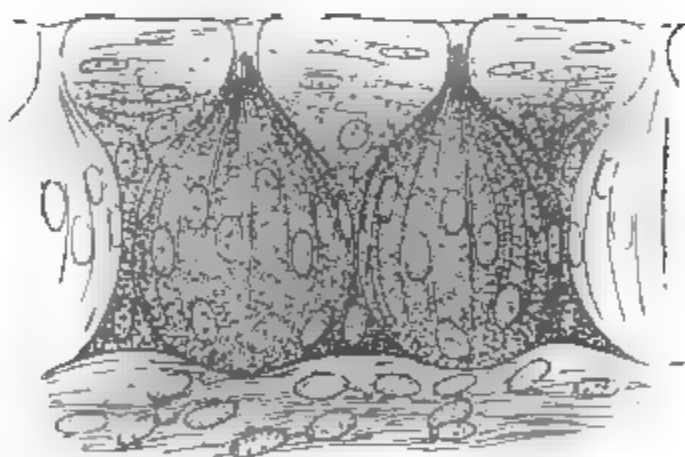


**Papillen.** Auf dem Zungenrücken stehen die 6—12 Wallwärtchen, *Papillae circumvallatae*, welche jede aus einer den pilzförmigen Papillen ähnlichen, grossen Papille bestehen, umgeben von einem niedrigen, sie kreisförmig umschliessenden Walle (Fig. 245). Die Wallwärtchen bilden auf dem Zungenrücken eine V-förmige Figur, indem sie von dem Rande her in einer von vorn nach hinten verlaufenden Linie sich der Mitte des Zungenrückens nähern. Die übrigen Papillen der Zunge, die vor den Wallwärtchen stehen, sind ebenfalls ziemlich regelmässig in Reihen angeordnet, die im Allgemeinen der Wallwärtchenreihe gleich verlaufen. An den Zungenrändern werden die Papillen zu blattartig gezackten Falten, auf der Zungenoberfläche unterscheidet man ausser den genannten Wallwärtchen noch zwei weitere Arten von Wärtchen: die fadenförmigen und die pilzförmigen: *Papillae filiformes* und *fungiformes*. Die letzteren stehen zerstreut auf der ganzen Zungenoberfläche, besonders häufig an der Zungenspitze, sie ähneln einem Nagel mit dickem Kopfe. Die fadenförmigen Papillen (Fig. 246) füllen die Zwischenräume zwischen den übrigen Wärtchen aus und stehen sehr dicht neben einander, sie tragen pinselförmig auslaufende Enden. Gegen die Zungenränder zu werden sie spärlicher, kürzer und glatter, so dass sie sich den pilzförmigen Wärtchen im Aussehen annähern. Dem unbewaffneten Auge erscheinen die fadenförmigen Wärtchen weisslich, die beiden anderen Papillenarten rötlich. Die fadenförmigen Papillen bestehen aus einem kegelförmigen Schleimhautwärtchen, welches meist noch an seinem oberen Ende feine secundäre Wärtchen besitzt, jede mit fadenförmigen verhornten Fortsätzen besetzt. Die pilzförmigen Papillen sind auf ihrer ganzen Oberfläche mit feinen secundären Wärtchen besetzt, die von einem weichen Epithellager überzogen und vollkommen verdeckt werden. Die Wallpapillen tragen nur auf der platten Oberfläche solche secundäre Wärtchen; der Wall ist eine Schleimhauerhebung, ebenfalls mit feinen Wärtchen besetzt. Die Verbreitung der Blutgefässe in den Papillen ist der in den Hautpapillen bekannten ganz ähnlich, zu jedem der feinen den grösseren Papillen aufgesetzten Wärtchen erhebt sich eine Kapillarschlinge.

Die Endigung der Geschmacksnerven hat in neuerer Zeit eine weitere Aufklärung erfahren. Die feineren Zweige des Glossopharyngeus, vorzugsweise aus dünnen markhaltigen Fasern bestehend, begeben sich zu den *Papillae circumvallatae* und verbreiten sich in denselben; nach Stamme (RENAK) sowie vor ihrem Eintritt in die Papillen zeigen sie mikroskopische Ganglienzellen. Direct unter der Papille bilden die Nerven ein Geflecht (SCHWALBE), von welchem ein oder mehrere Bündel in die Papille eintreten, wo sie in vielfach sich durchkreuzende, auslassen und dunkelrandigen Fasern bestehende, Zweige zerfallen, welche gegen das Epithel zu austreten. In der Nähe der eigentlichen Geschmacksorgane finden sich neben einzelnen markhaltigen Fasern feine Fibrillenbündel, mit einer kernhaltigen Scheide umgeben, welche sich in Aeste zertheilen, aus denen sich feine Fäserchen in das Epithel zu den Geschmacksorganen erheben, um wohl mit den specifischen Elementen der letzteren in Verbindung zu treten (SCHWALBE).

Nach den übereinstimmenden Angaben von LOVEN, SCHWALBE, WYSS und

Fig. 247.

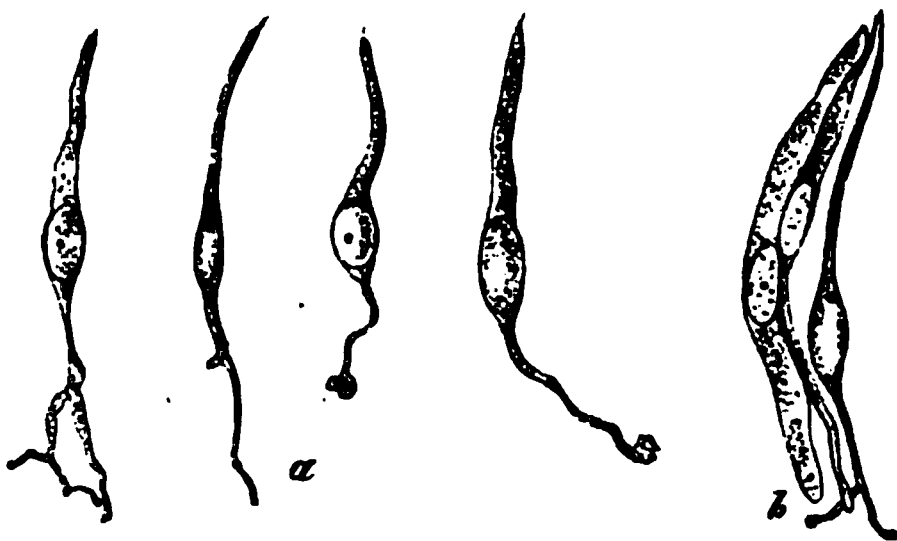
Geschmacksknospen aus dem seitlichen Geschmacksorgan vom Kaninchen. 400 $\mu$ .

ENGELMANN finden sich die eigentlichen Geschmacksorgane bei dem Menschen namentlich in dem geschichteten Pflasterepithel der Papillae circumvallatae, auf Zweigen des N. glossopharyngeus als zahlreiche, mikroskopische Zellengruppen aufsitzend. Man bezeichnet letztere als Geschmacksknospen (LOVY, ENGELMANN) oder Schmeckbecher (SCHWALBE) (Fig. 247). Sie liegen in flaschenförmigen Lücken des Gewebes beim Menschen 0,077 bis 0,084 mm lang und 0,04 mm dick, die enge Mündung der Flasche: Geschmacksporus (ENGELMANN) misst 0,0027 — 0,0045 mm (SCHWALBE). Bei dem Menschen umziehen die Schmeckbecher vor Allem die seitlichen Flächen der Papillae circumvallatae oft zu vielen Hunderten in einer gürtelförmigen Zone. Auch an der der Papille zugekehrten Fläche des Ringwalls, sowie auf den pilzförmigen Papillen finden sich beim Menschen Schmeckbecher, ebenso in dem von WEBER und MAYER als Papilla lingualis foliata bezeichneten faltigen Gebilde am Seitenrande der menschlichen Zunge (v. AJTAI). ARTHUR HOFMANN fand sie auch auf grösseren Papillen des weichen Gaumens, namentlich über der Uvula. Bei dem Schaf berechnet SCHWALBE ihre Zahl in einer Papille auf etwa 480, beim Rind auf 1800, beim Schwein finden sich auf jeder seiner beiden umwallten Papillen etwa 5000, bei dem Menschen stehen sie am dichtesten. Auch bei Thieren fand HOENIGSCHMIED die Schmeckbecher vereinzelt auch auf der freien Fläche der Wallpapillen.

Der Boden der Knospenhöhle ruht direct auf dem Boden der Schleimhaut, seitlich wird ihre Wand von modificirten und verkitteten Epithelzellen gebildet. Die Geschmacksknospen selbst bestehen aus etwa 15 — 30 langen, dünnen Zellen, welche sich wie die Blätter einer Knospe an einander legen. Man unterscheidet Deckzellen, den Stützzellen bei den anderen Sinnes-

nervenenden analog, welche besonders die äusseren Schichten des Organes bilden, und die eigentlichen, wie man glaubt, mit den Fasern des Sinnesnerven zusammenhängenden Geschmackszellen. Die ersteren sind lang, spindelförmig, besonders gegen den Porus zu zugespitzt, mit einem ovalen, bläschenförmigen Kerne. Die Geschmackszellen (Fig. 248) bestehen aus dem, einen verhältnissmässig sehr grossen bläschenförmigen Kern einschliessenden Zellkörper, der nach oben in einen

Fig. 248.



a Isolierte Geschmackszellen aus den seitlichen Organen des Kaninchens.  $\times 600$ . b Eine Geschmackszelle und zwei Deckzellen im Zusammenhang isolirt. Ebendaher.  $\times 600$ .

mässig breiten, nach unten in einen feineren Fortsatz übergeht. Der erstere Fortsatz ist bei Kaninchen fast cylindrisch; auf seinem sich gegen die Spitze zu verschmälernden, gewöhnlich schräg abgestumpften äusseren Ende sitzt senkrecht ein Härchen oder Stifftchen auf, das die Oeffnung des Geschmacksporus zu erreichen scheint (ENGELMANN). Der untere Fortsatz ist dünner, theilt sich in ziemlich geringer Entfernung vom Kern meist in zwei Aeste, welche nicht selten erst nach mehrfacher Theilung die Schleimhautoberfläche auf dem Grund

s Bechers erreichen. Chemisch und mikroskopisch scheinen sie mit den Nerven an die Geschmacksknospen herantretenden Glossopharyngeusfibrillen übereinzustimmen, so dass man sie als die Verbindungsstücke mit jenen zu betrachten pflegt, doch scheint der wirkliche Zusammenhang bis jetzt noch nicht festgestellt.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Bei den Säugern ist das Verhalten der Geschmacksgane im Allgemeinen dem beim Menschen beschriebenen ganz analog. Bei dem Kaninchen und Hasen findet sich ausser den Wallpapillen noch ein spezifisches Geschmacksgorgan grösserer Art. An jeder Seite der Zungenwurzel liegt nämlich eine grosse, ovale, durch etwa 10—12 tiefe, parallele Querfurchen in schmale Leisten getheilte Erhabenheit mit tausenden von Geschmacksknospen (H. v. WYSS, ENGELMANN). Bei den Fischen nennt man die in der Mundschleimhaut und im Epithel der äusseren Haut eingelagerten Geschmacksgane, welche im Wesentlichen mit denen der Säuger übereinstimmen (F. E. SCHULZE), becherförmige Organe (LEYDIG). Aus dem Schleimhaut- oder Cutisgewebe erheben sich das Epithel nervenführende Papillen, auf ihrer etwas ausgehöhlten Endfläche sitzt dann je ein becherförmiges Organ. Die Deckzellen und Geschmackszellen dieser Organe stimmen mit denen der Säuger überein. Bei den Fischen hat also, was für im Wasser lebende Thiere zweckmässig erscheint, der Geschmackssinn nicht nur in der Mundhöhle, sondern auch in der Körperhaut seinen Sitz. Bei den Rochen (*Trygon pastinaca*, *Raja clavata*) beschreibt FRANZ TODARO die Geschmacksgorgane in ganz analoger Weise wie bei den Säugern; sie finden sich auf zwei Seiten der Gaumenschleimhaut hinter der Zahnreihe der Oberkiefer und in 9—10 langen cylindrischen Papillen des Zungenrudiments. Bei den Fröschen (AXEL KEY, ENGELMANN) sind die Geschmacksgorgane nicht becherförmig, sondern scheibenförmig gestaltet: Geschmacksscheiben, sie sitzen auf der Oberfläche einer Papilla fungiformis. Die spezifische Zellenkappe wird von Flimmerzellen eingerahmt. Als Deckzellen (Stützzellen) fungiren cylindrische Zellenformen, welche ENGELMANN in eigentliche Cylinderzellen und in Kelchzellen unterscheidet, die Geschmackszellen zeigen nach aussen nicht nur einen, sondern mehrere zinkenförmig aus dem Zellkörper entspringende Fortsätze, es sind das die Gabelzellen ENGELMANN's. Der äussere Fortsatz stimmt ziemlich mit dem der Geschmackszellen der Säuger überein.

Bei Vögeln und Reptilien sind die Geschmacksgorgane noch wenig erforscht, besser bei Wirbellosen. Die becherförmigen »Augen« der Hirudineen stimmen mit Schmeckbechern in ihrem Bau annähernd zusammen (LEYDIG) und dienen ausser Tast- und Sehfunktionen auch dem Geschmackssinn, es sind Uebergangssinnesorgane (J. RANKE); ausserdem ist auch der ganze Körper mit einfachen Schmeckbechern besetzt. Nach H. EISEN sind die becherförmigen Organe der Capitelliden, in Röhren lebender mariner Gliederwürmer als Geschmacksgorgane, nicht als Tastorgane zu denken, sie stimmen mit den becherförmigen Organen der Fische in Bau und Verbreitung über den Körper überein. Die Entwicklungsgeschichte der eigentlichen Geschmacksgorgane der Wirbelthiere ist noch wenig erforscht, im Embryo scheinen sie zahlreicher zu sein. (A. HOFMANN).

**Tastempfindung der Zunge.** — In der Zungenschleimhaut ist die Empfindung von Geschmack und eine scharfe Gemeingefühlsempfindung, Tasten, Temperaturempfindung vereinigt. Die Tastempfindung ist an der Zungenspitze am feinsten, hier fand GEBER wahre Tastkörperchen. Aus der nachbarlichen Vereinigung verschiedener Empfindungsorgane resultirt die häufig auftretende Schwierigkeit, die Geschmacksempfindungen von deren gleichzeitigen sensiblen Eindrücken zu scheiden.

## Geschmacksempfindungen.

Der innere Vorgang der Erregung der Geschmacksnervenendigungen ist in ihrem Wesen nach unbekannt. Welche innere Uebereinstimmung haben

Stoffe, wie Zucker, Glycerin, Glycin, Bleisalze, welche süß schmecken, hat das bitterschmeckende Chinin oder Strychnin mit dem Bittersatz gemein.

Man dachte an electriche Strömungsvorgänge zwischen der Mundöffnung und dem schmeckbaren Stoff. Es lässt sich nicht leugnen, dass diese Anschauungsweise etwas Verlockendes besitzt, da es einestheils sicher ist, dass zwischen dem alkalischen Mundsaft und den sauren oder auch anderen Flüssigkeiten electriche Strömungen entstehen, andererseits der electriche Strom als ein starker Erreger der Geschmacksnerven seit alter Zeit durch die Untersuchungen von VOLTA, PFAFF, RITTER etc. bekannt ist. Liegt die positive Electrode an der Zungenspitze, die negative an einer anderen Körperstelle, so tritt ein saurer, im umgekehrten Fall ein laugenartiger Geschmack auf. Die electrolytischen Produkten an den Electroden entsprechend. J. ROSVOLD hat nachgewiesen, dass diese elektrische Geschmacksempfindung sauer am positiven, alkalisch am negativen Pole auch bei Anwendung sogenannter unzerstörbaren Electroden eintritt, man hat aber auch bei diesem Versuche die Abscheidung electrolytischer Produkte an der Grenze ungleichartiger Leiter zu denken. Als Haupteigenschaft bedürfen, wie schon angegeben, die schmeckbaren Substanzen das Vermögen, sich in Wasser oder den Mundflüssigkeiten zu lösen. Auch Gase können sich in ihnen lösen und dann geschmeckt werden, z. B. schwefelige Säure. Die Löslichkeit eines Stoffes in Wasser ist aber kein Maass für seine Schmeckbarkeit; manche sehr leicht lösliche Stoffe sind trotzdem wenig, manche andere, die wenig löslich sind, stark schmeckend. Nach VALENTIN'S Versuchen ergibt sich eine Reihe für verschieden schmeckbare Stoffe, in welcher das folgende Glied noch in einer stärkeren Verdünnung geschmeckt werden kann als das vorhergehende: Syrup, Zucker, Kochsalz, extract, Chinin, Schwefelsäure. Zu einer ähnlichen Reihenfolge kam LAMM.

Je nach dem Concentrationsgrade der Lösung wächst für ein und dieselbe Substanz die Intensität der durch sie hervorgerufenen Geschmacksempfindung; ebenso mit der Grösse der Berührungsfläche und der Dauer der Einwirkung. Auch durch stärkeres Einreiben der schmeckenden Substanz in die Zungenschleimhaut wird die Intensität des Geschmacks vermehrt. Dennoch ist das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Concentrationsgrade der schmeckbaren Körper im Allgemeinen gering. Es wächst anfangs mit zunehmender Concentration und nimmt dann wieder ab. KEPLER. Die Geltung des physischen Gesetzes ist für die Geschmacksstöße noch nicht erwiesen. Bei sehr concentrirter schmerzhafter Einwirkung schmeckbarer Stoffe treten charakteristische Geschmackstauschungen auf, so schmeckt z. B. concentrirte Kalilauge sehr intensiv sauer. J. RANKE. Nach der Einwirkung des Schmeckstoffes auf die Geschmacksorgane verfliessen ein kleiner Zeitraum bis zum Eintritt der Geschmacksempfindung. Am raschesten erfolgt die letztere beim Salzen, dann folgt Süß, Sauer, Bitter (SCHIRMER).

Verschiedene Momente stumpfen die Feinheit des Geschmackes ab. Es genügt dazu schon Trockenheit der Zunge, noch mehr entzündliche Veränderungen ihrer Schleimhaut; ebenso sehr intensive Geschmackseindrücke, die die Geschmacksnerven ermüden, auch Kälte und höhere Warmgrade.

Einige Substanzen hinterlassen nach ihrem Verschlucken einen



uernden Nachgeschmack, der wohl meist in restirenden Partikelchen der schmeckbaren Substanz in der Schleimhaut der Zunge, manchmal vielleicht auch in der Erregung der Geschmacksnerven vom Blute aus seinen Grund hat. Zuletzt er Annahme hält man sich durch die Erfahrung berechtigt, dass Nachgeschmäcke nach dem Verschlucken von vollkommen umhüllten Pillen beobachtet werden.

Bei dem Geschmacke sind noch andere deutliche Nachempfindungen zu beobachten, das Schmecken einer Substanz verändert den Geschmack einer andern. Der Geschmack des Käses erhöht den für Wein, der des Süßen vermindert ihn. Nach dem Kauen von Kalmuswurzel schmeckte J. MÜLLER Kaffee und Milch säuerlich. Der starke Geschmack der Säuren kann durch Zucker, auch durch Kochsalz für unsere Empfindung gemässigt, weniger lästig gemacht werden. Wissenschaftlich ist es noch nicht gelungen, diese Consonanzen und Dissonanzen der verschiedenen Geschmäcke aufzufinden; die Receptirkunst und die Kochkunst haben ihre Harmonielehre der Geschmäcke, auf welcher nach beiden Richtungen die Anwendung der Corrigentia beruht, ebenso praktisch entwickelt, wie es die Malerei und Musik gethan hat. Auch subjektive Geschmäcke sind beobachtet.

Nach mehrfachen Angaben soll den verschiedenen Theilen der Mundhöhle eine spezifische Empfindlichkeit für verschieden schmeckende Körper zukommen. Bittere Stoffe sollen z. B. mehr auf den Zungenrücken als auf die Vorder- und die Zungenspitze wirken. Die Zunge gibt uns durch diese Lokalisirung der Qualitäten ihrer Sinnesempfindungen an bestimmte anatomisch getrennte Punkte, trotzdem dass im Uebrigen bei diesem Sinnesorgane die Erforschung noch wenig geleistet hat, doch einige Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Wahrnehmungen durch die übrigen Sinnesorgane. Wir können als die angeführte Eigenthümlichkeit, ihre Bestätigung vorausgesetzt, doch nur annehmen, dass diesen verschiedenen lokalisirten Qualitätenempfindungen verschiedene Sinnesendapparate entsprechen. Ja es scheint sogar bei der Zunge, dass diese verschiedenen Qualitätenempfindungen verschiedenen Nerven zugehören. Doch ist der Glossopharyngeus jedenfalls der Hauptgeschmacksnerv, der Empfindung des Bitteren steht er nach den Versuchen von STANNIUS jedenfalls allein vor. Nach einseitiger totaler Trigemiuslähmung sah man die Empfindung für süß und sauer auf der gelähmten Seite herabgesetzt, doch ist dieses Resultat nicht konstant.

Die Geschmacksnerven stehen in reflektorischer Beziehung zu den Speicheldrüsenerven (cf. diese).

### Leydig's sechster Sinn.

Bei den Fischen finden sich allgemein verbreitet, am Kopf mehrreihig angeordnet, dann einreihig jederseits von der Kiemenspalte bis zur Schwanzflosse an der Körperseite hinlaufende, die Schuppen durchbrechende Poren: die Seitenlinie, die zu einem System selten kürzerer, meist verzweigter Gänge gehören, welche man früher allgemein als schleimabsondernde Drüsen ansprach. LEYDIG entdeckte in diesem Seitenorgan den Sitz eines sechsten, für das



Leben im Wasser berechneten Sinnes, der sich seiner Ansicht nach am nächsten dem Tastsinn anschliesst. In die Wandungen der mit Epithel ausgekleideten Gänge treten überall Zweige des Nervus lateralis ein und endigen hier in eigenthümlichen knopfartigen Anschwellungen nach Art eines Sinnesepithels. Diese Nervenknöpfe sind Hügel der Cutis mit specifisch umgeformter epithelialer Bekleidung, im Centrum zeigen sie birnförmige Sinneszellen, welche nach oben in ein feines starres Haar, nach unten in einen varicösen Axencylinderfortsatz auslaufen (F. LEYDIG, F. E. SCHULZE). F. E. SCHULZE stimmt mit LEYDIG in der Anerkennung des sechsten Sinnes überein, er findet hinsichtlich der Art der Nervenendigungen eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Gehörorgan, das, wie wir sahen, in Bau und Functionen den Organen des Tastsinnes am nächsten steht; F. E. SCHULZE sieht in den Organen des sechsten Sinnes einen Sinnesapparat, geeignet zur Wahrnehmung von Massenbewegungen des Wassers gegen den Fischkörper oder des letzteren gegen die umgebende Flüssigkeit: die normale Erregung erfolgt durch gröbere, durch das Wasser fortgeleitete Stosswellen mit längerer Schwingungsdauer, als sie den das Gehörorgan afficirenden Wellen zukommt. Experimentelle Untersuchungen über die Functionirung der Seitenorgane haben bis jetzt noch zu keinen entscheidenden Resultaten geführt.

Die Verbreitung dieser oder ganz analoger Organe ist ausser bei allen Fischen bei verschiedenen Wasserthieren nachgewiesen: bei den im Wasser lebenden Formen der Amphibien (F. E. SCHULZE), insbesondere im Larvenzustand, z. B. Salamanderlarven, aber freiliegend, nicht von Kanälen umschlossen, dann in den Follikeln des Zitterrochens (Savi), bei Gliederwürmern (Capitelliden) (H. EISIG). Wahrscheinlich functioniren bei anderen Thieren ähnliche Organe, z. B. die Borstenhaare an der Haut der Fische für denselben Sinn, vielleicht auch die »Riechstäbchen« oder die HENSEN'schen Hörhaare (cf. oben S. 937) der im Wasser lebenden Crustaceen etc.

---

# Physiologie der nervösen Centralorgane.

## Sechszwanzigstes Capitel.

### I. Rückenmark und Gehirn.

---

#### Grösse und allgemeine Ausbildung des Gehirns.

Mit voller Uebereinstimmung spricht sich die moderne Wissenschaft dahin aus, dass bei dem Menschen und den höheren Wirbelthieren der Sitz des Bewusstseins und aller höheren geistigen Eigenschaften in das Gehirn, und zwar überwiegend in die graue Rinde des Grosshirns verlegt werden müsse. Bei niederen Wirbelthieren haben sich die Meinungen noch nicht vollkommen abgeklärt. Man hat bei den letzteren Experimente, welche zu dem Schlusse benutzt wurden, dass nach Abtrennung des Gehirns das Bewusstsein noch nicht vollkommen verloren sei. Man spricht in diesem Sinne von einer: »Rückenmarksseele«, indem man bei niederen Wirbelthieren dem Rückenmark ein gewisses Bewusstsein zuschreibt. Diese Anschauungen gründen sich vor allem auf die hohe Zweckmässigkeit der nach dem Abtrennen des Gehirns bei diesen Thieren noch eintretenden Reflexbewegungen, welche z. Th. den Charakter des Ueberlegten, des Praemeditirten zu haben scheinen. Wir werden unten diese höchst merkwürdigen Erscheinungen vorführen. Hier wollen wir vorläufig bemerken, dass Zweckmässigkeit der Handlung noch kein Beweis dafür ist, dass die Handlung mit Bewusstsein erfolgte. Im normalen Zustande ist sich der Mensch seiner Handlungen und der Zweckmässigkeit derselben bewusst. Indem wir die Welt um uns anthropomorphosiren, sind wir geneigt, bei zweckmässigen Handlungen der Thiere auch diesen stets ein Bewusstsein an denselben zuzuschreiben. Aber wir werden sehen, dass auch bei dem Menschen zweckmässige Handlungen, welche meist mit Bewusstsein erfolgen, ohne Bewusstsein eintreten können, dass das Bewusstsein zu ihrem Zustandekommen nicht erforderlich ist. Die Betrachtung der Reflexe zeigt uns ferner, dass in Nervenbahnen, welche während des unversehrten Lebens öfter erregt wurden, die Reflexerregung leichter eintritt. Ja es scheint, dass diese Verminderung der Widerstände auf oft betretenen Reflexbahnen sich von Individuum zu Individuum vererben kann (DARWIN). Im unversehrten Leben auf bestimmte Reize oftmals erfolgte Bewegungen werden sonach auch nach dem Entfernen des Gehirns einfach reflektorisch leichter eintreten als andere im

Leben ungewohnte Bewegungen, und es kann solchen Bewegungen daher auch aus diesem Grunde noch ein gewisser Schein, ein Rest von Ueberlegung anhaften. Unbestreitbare Beweise von dem Vorhandensein einer Rückenmarkseele sind bisher auch für die niederen Wirbelthiere noch nicht erbracht.

Andererseits sind wir über den allgemeinen Satz, dass bei dem Menschen und den höheren Säugethieren der Sitz der höheren psychischen Thätigkeiten das Gehirn sei, bisher nur wenig hinaus gekommen. Vergleichen wir die Gehirne der Wirbelthiere in aufsteigender Reihe mit dem des Menschen, so erkennen wir, dass mit der steigenden psychischen Entwicklung nicht nur eine Zunahme der Gehirngrösse, sondern auch eine ansteigende Ausbildung des Gehirns annähernd Schritt hält. Die Gehirne aller Wirbelthiere sind sich in der embryonalen Anlage ähnlich, aber während das Gehirn der niedersten Wirbelthiere, der Fische und Amphibien, auf einer den höher entwickelten Gehirnen gegenüber gleichsam embryonalen Bildungsstufe stehen bleibt, sehen wir das Gehirn in der zum Menschen aufsteigenden Reihe der höheren Wirbelthiere in immer höherem Maasse und namentlich in Beziehung auf das Grosshirn von dem embryonalen Zustande sich entfernen. Diese höhere oder geringere Ausbildung des Gesamtgehirns lässt sich jedoch nicht einfach dadurch ziffermässig konstatiren, dass man das Gesamtgehirngewicht mit dem Gesamtkörpergewicht der animalen Wesen in Proportion setzt. Der Mensch, das psychisch höchst entwickelte Wesen der animalen Reihe, hat in dieser weder das absolut noch relativ zum Körpergewicht grösste Gehirngewicht. Nicht einmal in derselben Species, z. B. bei dem Menschen, dürfen wir aus der wechselnden Relation von Gehirn- und Körpergewicht einen Schluss auf höhere oder niedrigere psychische Begabung wagen. Innerhalb der Breite vollkommener Gesundheit kann ja das Körpergewicht bei gleich grossen Erwachsenen des gleichen Geschlechts um mehr als das Doppelte verschieden sein. Man hat darum vorgeschlagen, die Proportionalität zwischen Körperlänge und Gehirngewicht als Maass anzunehmen. Das scheint aber festzustehen, dass bei Gesundheit des Gehirns geistig höher begabte Menschen öfter ein höheres Gehirngewicht zeigten als minder begabte.

Nicht alle Theile des Gehirns sind für die höheren psychischen Thätigkeiten von gleicher Bedeutung. Alle Beobachtungen weisen darauf hin, dass das Grosshirn, und zwar vor allem seine graue, vorwiegend Ganglienzellen führende Hirnrinde als Organ der höheren psychischen Thätigkeiten: Wille, Empfindung, Vorstellung, Bewusstsein, Selbstbewusstsein, angesprochen werden müsse. Je mehr sich die geistigen Fähigkeiten in der Thierreihe entwickeln, desto mehr überwiegt die Ausbildung des Grosshirns die der übrigen Gehirnschnitte. Sein relatives Gewicht zu den übrigen Hirntheilen, die Tiefe und Zahl seiner Windungen zeigen sich bei den anthropoiden Affen höher ausgebildet als bei irgend welchen anderen Säugethieren, am höchsten finden wir die Ausbildung des Grosshirns in beiden Richtungen bei dem Menschen. Mit der Zahl und Tiefe der Windungen und Furchen der Grosshirnoberfläche nimmt die Oberfläche und Masse der grauen Rindensubstanz entsprechend zu. Die Gehirne geistvoller, psychisch und intellectuell hochbegabter Menschen fand man vielfach nicht nur im Ganzen voluminöser entwickelt, sondern namentlich auch in Beziehung auf die Grosshirnhemisphären. Auch die Windungen der letzteren erschienen

zahlreicher und mannigfaltiger angeordnet, die Furchen tiefer. Die, freilich bis jetzt noch wenig ausreichenden Beobachtungen zu einer vergleichenden Gehirnanatomie der Menschenrassen scheinen dabei mit aller Entschiedenheit darauf hinzuweisen, dass die Ausbildung des Gesamthirns, namentlich aber seiner grossen Hemisphären, bei der Mehrzahl der Angehörigen der alten Kulturrassen im Allgemeinen und im Einzelnen eine vollkommenere sei, als bei Mitgliedern un- oder halbcivilisirter Völker. Für die Lokalisierung der höheren psychischen Begabung in der Grosshirnrinde spricht auch die tägliche Erfahrung der Aerzte. Bei durch krankhafte Processe erworbener oder angeborener extremer Kleinheit oder Entartung beider Hemisphären des Grosshirns, namentlich aber bei Störungen in dem anatomischen und physiologischen Verhalten seiner Oberfläche findet sich Beeinträchtigung der psychischen Thätigkeiten: Blödsinn, Irrsinn oder Bewusstlosigkeit, Sopor, abnorme psychische Erregung. Ein normales psychisches Verhalten beruht auf normaler Ausbildung und normaler vegetativer Functionirung (Ernährung etc.) des Grosshirns und seiner Rinde; höhere psychische Begabung scheint eine höhere, namentlich auch numerisch gesteigerte Entwicklung der in der grauen Hirnrinde gelegenen Einzelcentren nervöser Thätigkeit, der Ganglienzellen, vorauszusetzen, wie sie bei relativer Vergrösserung der Oberfläche des Grosshirns durch zahlreichere und verwickeltere Windungen und tiefere Furchen gegeben ist. MEYNERT erklärt (cf. unten) die Fläche der grauen Hirnrinde für das Projectionsfeld, welches die Eindrücke von allen centripetal leitenden nervösen Bahnen her wirklich einstrahlen, in die verschiedensten Wechselbeziehungen treten, um dann da aus zum Theil wieder auf centrifugal leitende Bahnen zur Hervorrufung von Bewegungen übertragen zu werden. In diese Vorgänge in der Hirnrinde schliessen sich, anders als bei den eigentlichen unten zu besprechenden Reflexen, welche vollkommen unbewusst ablaufen können und meist wirklich unbewusst ablaufen, gleichsam als Zwischenglieder zwischen die mechanischen Thätigkeiten der Reizübertragung von der sensiblen auf die motorische Sphäre, bewusste Empfindungen ein, zu deren Auslösung das Vorhandensein und das normale anatomisch-physiologische Verhalten der Ganglienzellen der grauen Rinde des Grosshirns unentbehrlich erscheinen. Von den Reflexen unterscheiden sich diese Vorgänge in der Rinde des Grosshirns unter anderem auch dadurch, dass sie durch äussere Einwirkungen dort hervorgerufenen Erregungszustände trotz hoher (genügender) Reizstärke nicht sofort Bewegung der motorischen Sphäre hervorbringen müssen. Es kann sich eine Summe verschiedenartiger und ungleichzeitiger bewusster, sensibler Eindrücke dort gleichsam aufspeichern, um entweder niemals oder nach Ablauf verschieden langer Zeiten in »willkürlicher« Folge motorische Thätigkeiten zu veranlassen.

**Zur vergleichenden Physiologie.** — Um die höhere Entwicklung des Gehirns in der aufsteigenden Thierreihe zu konstatiren, hat man vielseitig vergleichende Bestimmungen der Hirngewichte angestellt, sowohl absolute als relative in Vergleichung mit dem Gesamtkörpergewicht. Beide Methoden können im Einzelnen kein genaues Bild geben. Absolut ist das Walfischgehirn und das Elephantengehirn schwerer als das des Menschen; eine Vergleichung mit dem Gesamtkörpergewicht aber weist dem psychisch hochbegabten Elefanten (wie dem Walfisch) eine relativ viel zu tiefe Stellung ein. Umgekehrt ist es bei den Vögeln der Singvögel. Man hat auch die wahre Grösse der Oberfläche der Hemisphären zu

bestimmen gesucht, d. h. die Oberfläche ihrer grauen Substanz, deren Einfaltungen man sich hierbei alle in eine Fläche ausgebreitet denkt. Wie oben schon angedeutet, gibt diese Methode nicht einmal bei dem Menschen zweifellose Resultate, bei Thieren (Wiederkäuern), welche nur durch ihre Intelligenzentwicklung berühmt sind, sehen wir die Hirnwindungen verhältnissmässig gut entwickelt, während sie bei niederen Affen, dem Hund, dem Biber u. a. psychisch höherstehenden Thieren eine weit geringere Entwicklung zeigen. MEYNERT fusst bei seinen Hirnvergleichen auf JOHANNES MÜLLER, der als Maassstab für die relative Hirnentwicklung die Hemisphären des Grosshirns mit dem Corpus quadrigeminum vergleicht. MEYNERT hat, indem er Durchschnitte durch Menschengehirne in der Höhe der Vierhügel mit analogen Längsschnitten von Säugethiergehirnen verglich, dass, im Zusammenhang mit der steigenden Entwicklung der Hemisphären, bei dem erwachsenen Menschen die Masse des Fusses der Grosshirnschenkel die Masse der Haube der Grosshirnschenkel beträchtlich überwiegt, während das umgekehrte Verhältniss für die Säugethiere gilt. Auch bei neugeborenen Menschen ist der Fuss des Hirnschenkels noch schwächlich entwickelt. Bei den Thieren ist ebenfalls der Fuss in seiner relativen Ausbildung zur Haube verschieden je nach der grösseren oder geringeren Ausbildung der Hemisphären des Grosshirns. Die Fasern des Fusses der Hirnschenkel treten in die Brücke ein, diese wird mit der stärkeren Entwicklung des Fusses verbunden. Von hier gelangen sie in die Pyramiden des verlängerten Marks. Beim Menschen drängen daher die massigen Pyramiden die Oliven, welche bei den Säugethiern hinter den Pyramiden liegen, zur Seite (cf. d. folg. Abschnitt.)

#### Schema des feineren Gehirnbaues.

Die modernen physiologischen Anschauungen über den Faserverlauf im Gehirn und das Verhältniss der Fasern zu den Ganglienzellen der grauen Gehirnschicht basiren vorzugsweise auf den Untersuchungen und der zusammenfassenden Darstellung des bisher Erforschten durch MEYNERT. Wir müssen uns hier auf die Wiedergabe von MEYNERT's schematischer Beschreibung des feineren Gehirnbaues beschränken.

MEYNERT sieht den Bauplan des Gehirns und seiner verwickelten Faseranordnung auf drei physiologischen Grundgedanken basiren. Erstens besitzt jede Nervenzelle als functionelles Attribut die Empfindlichkeit, welche mit der



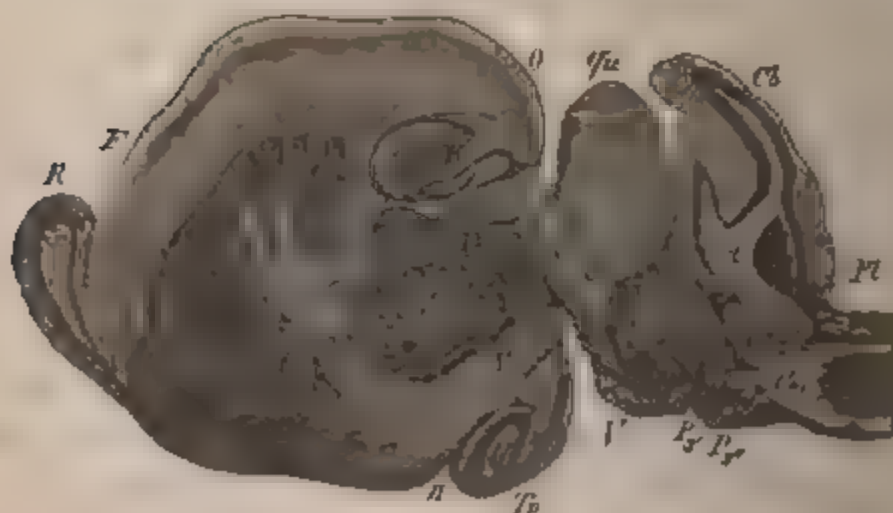
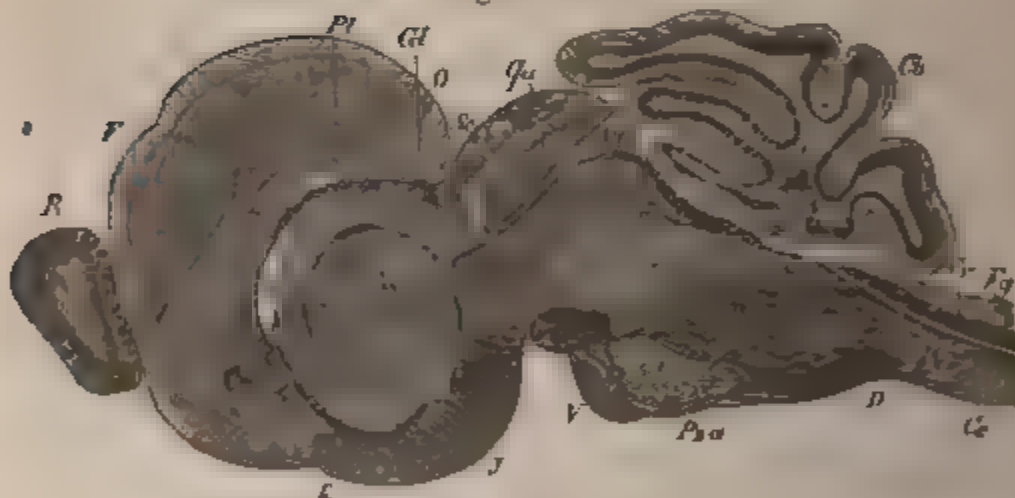
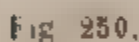
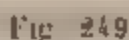
wir vor allem unser Augenmerk auf den Zusammenhang der Ganglienzellenanhäufungen der grauen mit den Faserzügen der weissen Substanz zu richten.

Die Ganglienzellen gliedern sich im Gehirn in vier Kategorien grauer Anhäufungen. Die oberste Masse, welche die gesamten Nervenfasern des Gehirnmarks aus sich entspringen lässt, ist die Grosshirnrinde, das flächenhafte Grau der Grosshirnhemisphäre. Die Nervenzellen der Gehirnganglien (GALL) bilden das zweite oder Gangliengrau. Das dritte oder centrale Höhlengrau überkleidet als bleibender Ausdruck der entwicklungsgeschichtlichen Grundform des Gehirns vom Tuber cinereum bis zum Conus medullaris die Innenfläche des einstigen Hirnrückenmarkscanals. Die graue Substanz des Kleinhirns, das Kleinhirngrau, findet sich theils in flächenhafter Verbreitung, theils in zerstreuten Zellenformationen; zu ihm gehören einerseits die oberflächlichen und tiefen grauen Massen des Kleinhirns selbst, andererseits die graue Substanz innerhalb der vom Kleinhirnmarm durchflochtenen Abschnitte des Grosshirnstammes.

Alle Leitungsbahnen des Gehirns entspringen oder enden in den unzählbaren Nervenzellen der Grosshirnrinde, welche nach MEYNERT's Ausdruck wie eine Nütze die gesamte Gehirnoberfläche überkleidet. Das aus den Ganglienzellen der Hirnrinde hervorgehende Convolut motorischer und sensitiver Fasern muss grossentheils das Hinterhauptloch passiren, um die Körperorgane zu erreichen. Die Nervenfasern ordnen sich hierbei zu einer strahlenförmigen Convergenz, welche im Hirnstamm und Rückenmark immer gegen das centrale Höhlengrau gewendet ist. Erst nachdem die centralen Nervenfasern das Höhlengrau durchsetzt haben, verlaufen sie divergirend, das periphere Nervensystem bildend, zu den Körperorganen. Durch diese Organisation ist der Contact der die Empfindung vermittelnden Hohlkugel der Grosshirnrinde mit den Sinnesorganen und dem Gesamtkörper und durch diesen mit der Aussenwelt vermittelt. Die Erregungen der Sinnesnerven, gleichsam die Bilder der Aussenwelt, projiciren sich in die Hirnrinde. Den grossen Abschnitt des Nervensystems, Fasern mehrfach durch graue Masse unterbrochen, welcher diesem Projectionsvorgang dient, bezeichnet MEYNERT als das Projectionssystem (Fig. 249,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ); die Grosshirnrinde nennt er Projectionsfläche; die Aussenwelt resp. die durch sie (oder innere Ursachen) gesetzten Veränderungen in unserem peripheren Nervensystem das Projicirte. Auch die Muskulatur des eigenen Körpers und alle aus inneren Ursachen empfindlichen Organe gehören zu dem Projicirten.

Das Projectionssystem (Fig. 249 (1.)  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ) gliedert sich in drei Hauptabschnitte. Das obere Glied ( $P_1$ ,  $P_1'$  und  $Br$ ) erscheint als ein im Allgemeinen radiäres, von der Grosshirnrinde entspringendes Fasersystem, welches sich peripherisch zunächst in das Gangliengrau ( $cs$ ,  $Th$ ,  $Qu$ ) einsenkt. Aus diesem, aus den Hirnganglien, welche unterbrechende Knotenpunkte für den Faserlauf darstellen, geht als zweites Glied des Projectionssystems ( $P_2$ ) das Hirnschenkelsystem hervor, welches sich mit dem centralen Höhlengrau verbindet. Aus letzterem entspringt dann das dritte Glied des Projectionssystems ( $P_3$ ), welches alle jene Fasern umfasst, die aus dem centralen Höhlengrau hervorkommen, von dem Ursprungsbett des dritten Gehirnnervenpaares im Grau des Aqueductus Sylvii an bis zu den Ursprungskernen des untersten Steissnerven im Rückenmark.

Fig. 240, 250 und 251 Ein horizontaler und zwei sagittale Längsschnitt  
Gehirn von *Vespertilis papistrella* zur Veranschaulichung der Grundtypen des



Stauungsdrücke — Die Pyramidenbahn (Fortsetzung des Hirnschenkelstranges). — Pyramidenbahn.  
Narbe im Projectionssystem der Brücke und oblongata. — St. Masson durchschnitten dr.

In den Grosshirnhemisphären finden sich, ausser den Fasern des ersten Gliedes des Projectionssystems noch drei weitere Fasersysteme, von denen vornehmlich die Balkenfasern und die Bogenfasern hervortreten. In dreifacher Weise durch diese Fasersysteme, innerhalb der Grosshirnhemisphäre, abgesehen vom Projectionssysteme eine Verbindung verschiedener Rindenabschnitte unter sich vermittelt. Die Bündel der Balkenfasern (Fig. 249 u. 250 *T*) verbinden die identischen Rindengebiete beider Grosshirnhemisphären.

Die verschiedenen Rindengebiete der letzteren hängen unter einander — abgesehen von den Verbindungen durch das graue Fasernetz der Fortsatzanastomosen der Ganglienzellen — durch die Bogenfasern, *Fibrae arcuatae s. propriae*, NERT'S Associationssystem, zusammen, welche (Fig. 249 u. 251 *aa*) eine die Oberfläche der Rinde continuirlich begleitende Schicht, bestehend aus Bündeln längerem und kürzerem Verlauf, darstellen. Ausserdem finden sich im Mark des Grosshirns noch Bündel, welche auf eine Verbindung der Grosshirnrinde mit der Kleinhirnrinde hinzielen, die sich im Bindearm zu einer verdichteten, in der Brückenregion oberflächlich liegenden Formation sammeln.

Indem die Fasern des Projectionssystems in ihrem Verlauf von der Grosshirnoberfläche zu den Organen die Unterbrechungsmassen der oben genannten, unter der Grosshirnrinde gelegenen grauen Substanzen durchsetzen, findet (abgesehen von dem centralen Höhlengrau, bei welchem das gegentheilige Verhältniss eintritt) eine Reduction in der Faserzahl statt. In bedeutender Wichtigkeit, grösstentheils in der Form des Stabkranzes, tritt das erste Glied des Projectionssystems in die graue Substanz der Grosshirnganglien ein, und mindert sich von da aus allmähig bis auf den unansehnlichen Umfang der Rückenmarksstränge, und zwar nimmt bei dieser Reduction nicht nur die absolute Fasersumme, sondern auch die Zahl der besonderen Verlaufsbündel ab, die sich innerhalb des Projectionssystems unterscheiden lassen.

Das erste Glied des Projectionssystems ( $P_1$ ) sendet an der Eintrittsstelle in die Grosshirnganglien zu jedem der grauen Herde der letzteren eine besondere, begrenzte Fasermasse. Fig. 249—251 zeigen von diesen besonderen Massen die Einstrahlungsmassen ( $P_1$ ) in den Streifenhügel und den Linsenkern (*Cs*), in ( $P_1'$  und *Br*) die Einstrahlungsmassen in den Sehhügel (*Th*) und Vierhügel (*Qu*); *f* bezeichnet das Gewölbe, das Projectionsbündel der Rinde für den Höcker des Sehhügels. Diese Vielheit der Endigungsbahnen des ersten Gliedes des Projectionssystems, ist nach dem Austritt der Fasern aus den Ganglienmassen im zweiten Glied des Projectionssystems, dem Hirnschenkel, auf nur noch zwei gesonderte Bahnen, auf eine vordere und eine hintere Bahn des Hirnstammes: den Fuss des Hirnschenkels (Fig. 249 und 251  $P_2$ ) und die Wurzel des Hirnschenkels (Fig. 250 und 251 *Tg*), reducirt. Diese setzen sich in die vordere (Fig. 250  $P_1 a$ ) und die hintere Abtheilung (Fig. 249, 250, 251  $P_2 r$ ) der Brücke und der Medulla oblongata fort und gehen endlich als Markmantel des Rückenmarks in ein morphologisch einheitliches Gebilde über.

r Durchschnitt des Stratum zonale. — *D* die oberen Oliven. *C* anscheinende Commissur der oberen Oliven. *d* die untere Olive. — *Fr* das centrale Höhlengrau im Gebiete des Hinterhirnes und Nachhirnes als Rautengrau. — *Gr* das centrale Höhlengrau im Gebiete des Nachhirnes und Rückenmarkes um den Centralcanal (*Cc*). — *er* zarte Strang —  $P_3$  das untere Glied des Projectionssystems in Fig. 249, im Gebiete des Mittelhirnes als Nervus oculomotorius, im Gebiete des Nachhirnes als Nervus facialis, in Fig. 251  $P_3'$  Quintus,  $P_3''$  Facialis. II. Nervus opticus.

Die physiologische Bedeutung der Einschaltung von Ganglienzellen in den Faserverlauf im Centralnervensystem, erkennt MEYNERT darin, dass die Schaltzellen ausser der zwar gegliederten, aber geraden Fortführung einer centripetalen oder centrifugalen Leitung noch Umbeugung nach Centren hin vermitteln, die seitlich von der directen (geraden) Fortpflanzungsrichtung des Projectionssystems gelegen sind. Als Beispiel führt MEYNERT die durch pathologisch-anatomische Erfahrung bewiesene centrifugale Leitungsbahn an, welche aus der Grosshirnrinde durch Streifenhügel und Linsenkern, Hirnschenkelfuss, Brücke und Pyramide des verlängerten Marks zu den vorderen Rückenmarkswurzeln gelangt (Fig. 249 und 251  $P_1$ ,  $Cs$ ,  $P_2$ ; Fig. 250  $P_2a$ ). Der über seinem Eintritt in die Brücke noch relativ mächtige Hirnschenkelfuss wird dadurch auf die viel dünnere Pyramide, die seine directe Fortsetzung im Projectionssystem darstellt, reducirt, dass ein grosser Theil seiner Fasern durch den Brückenarm in das Kleinhirn umbiegt und so die Bahn des Projectionssystems verlässt. Die Zahl der aus der Grosshirnrinde z. B. in den Linsenkern einstrahlenden Fasern wird hier also durch die Verbindung mit den Ganglienzellen nicht nur absolut vermindert, der Rest vertheilt sich nach dem Austritt auch auf zwei sich trennende Bahnen, von denen die eine zum Kleinhirn und nur die andere zum Rückenmark gelangt.

Für die Physiologie des Gehirns von höchster Bedeutung ist die erwähnte Entdeckung MEYNERT's, dass sich im Hirnschenkel das aus den Gehirnganglien austretende Projectionssystem auf nur zwei Bahnen: Fuss und Haube zu reduciren beginnt, deren physiologische Bedeutung festgestellt werden konnte. MEYNERT trennt die dem Hirnschenkel Faserbahnen zusendenden Ganglien in Ganglien des Fusses, vor allem den geschwänzten Kern und den Linsenkern, und Ganglien der Haube, vorzüglich Sehhügel, Vierhügel und den inneren Kniehöcker. Die Massenentwicklung des Hirnschenkelfusses und seiner Ganglien zeigt sich von der Massenentwicklung der Hirnschenkelhaube mit ihren Ganglien, wenn wir die Gehirne der verschiedenen Säugethiere mit dem des Menschen, oder das Gehirn des Neugeborenen mit dem des erwachsenen Menschen vergleichen, in auffallender und vollkommen charakteristischer Weise verschieden. Die Haube des Hirnschenkels mit ihren Ganglien, in erster Linie Vierhügel und innerer Kniehöcker, ist bei Thieren im Verhältniss zum Hirnschenkelfuss und seinen Ganglien um so massiger entwickelt, je geringer die relative Massenentwicklung der Grosshirnhemisphären ist. Die Figuren 249, 250, 251 zeigen dementsprechend die relativ äusserst dürftige Entwicklung der Bahn des Fusses ( $P_2$ ,  $P_2a$ ) zu der der Haube ( $Ty$  u.  $P_2r$ ) bei dem Gehirn der Fledermaus, im Zusammenhang mit der geringen Entwicklung der Grosshirnhemisphären. Dagegen steigt und fällt die Massenentwicklung des Hirnschenkelfusses und seiner Ganglien mit der Massenentwicklung der Grosshirnhemisphären, sodass der Mensch z. B. den am mächtigsten entwickelten Linsenkern und den massigsten Hirnschenkelfuss besitzt. Bei dem Neugeborenen zeigt sich der Fuss des Hirnschenkels 'geringer entwickelt, als bei dem Erwachsenen.

Für die physiologische Deutung dieses wechselnden Verhältnisses der Entwicklung der Haube und des Fusses beruft sich MEYNERT, ausser dem dargelegten anatomischen Ergebnisse, auf zwei pathologisch-physiologische Grund-



erfahrungen. Die Zerstörung der Ganglien des Hirnschenkelfusses setzt volle Hemiplegie, die Willkürbewegungen sind dadurch für die entsprechende Seite vollkommen aufgehoben; dagegen gehen die Reflexbewegungen auf äussere Reize noch vollkommen ungestört vor sich, wenn die gesamten oberen Partien des Grosshirns bis auf die Ganglien der Haube experimentell bei Thieren abgetragen werden. Diese Erfahrungen zwingen zu der Voraussetzung, dass die Organe des Thierkörpers in zweimaliger Projection: einmal durch den Fuss, einmal durch die Haube im Gehirn vertreten, dabei aber nur durch den Fuss des Hirnschenkels in Abhängigkeit von dem Leben der Grosshirnhemisphären gesetzt sind. Die durch die Haube geleitete Bahn ist die allgemeine Reflexbahn, welche ungestört bestehen kann, wenn die durch den Fuss geleitete Willkürbahn ausgeschaltet, oder wie bei dem Neugeborenen noch nicht functionell entwickelt ist. Diese Lehren MEYNERT's bilden die wesentlichste Grundlage für alle weiteren Forschungen in der Gehirnphysiologie und physiologischen Psychologie.

Das centrale Höhlengrau haben wir oben ausgeschlossen aus der Gruppe jener Ganglienmassen, welche eine Reduction der von der Grosshirnrinde zu den Organen verlaufenden Nervenfasern hervorbringen; es ist im Gegentheil ein Centrum für reichliche Vermehrung der Fasern. Dieses Verhalten spricht sich namentlich in der Thatsache aus, dass die Faseranzahl der vom Rückenmark entspringenden Nervenwurzeln die Faseranzahl der Rückenmarksstränge bedeutend übertrifft. Das centrale Höhlengrau (Fig. 250) beginnt in der Region des Zwischenhirns als Bekleidung der durch die mittlere Commissur (*Cm*) ringförmigen Höhle des III. Ventrikels (*m*), die sich in das Lumen des Trichters (*J*) fortsetzt. Im Mittelhirn umgibt es den Aquaeductus (*Ag*), breitet sich im Hinterhirn als Rautengrube (*Fr*) aus, und schliesst in der unteren Hälfte der Oblongata, sowie im Rückenmark (*Gr*) den Centralkanal (*Cc*) ein. Wie im Rückenmark entspringen auch die das dritte Glied des Projectionssystems repräsentirenden Hirnwurzeln (Fig. 249 und 251, *P*<sub>3</sub>) mit einer reicheren Fasersumme aus dem centralen Höhlengrau, als mit der sie im Hirnschenkel repräsentirt sind.

### Die Lokalisierung der Functionen der Grosshirnrinde.

Die Erfahrung, dass das Centralorgan der Empfindung, das Gehirn, wenigstens an der Oberfläche der grossen Hemisphären unempfindlich sei, ist eines der ältesten Vivisectionsergebnisse, welches auch für den Menschen bei Kopfverletzungen, die das Schädeldach durchdrangen und das Gehirn blöslegten, stets bestätigt werden konnte. Die hippokratische Schule liess sich sogar durch den missverstandenen Augenschein an der dem natürlichen Gefühle so naheliegenden Ansicht von der Bedeutung des Gehirns — Hauptes — als Centrum der Bewegung und Empfindung, welche von einigen alten Philosophen gelehrt worden war, ganz irre machen. Man sah in dem Gehirne nichts als einen weissen schwammartigen, drüsigen Theil — es wird in den hippokratischen Schriften unter den Drüsen abgehandelt — und glaubte es vorzüglich dazu bestimmt, die Feuchtigkeit des Leibes an sich zu ziehen. »Wie kann«, sagt ARISTOTELES in seinem Buch über die Theile der Thiere, »das Gehirn der Sitz der



empfindenden Seele sein, da es ja keine Gemeinschaft hat mit den Theilen, welche empfinden (dies waren ihm die fleischartigen), und da es selber, wenn es berührt wird, kein Gefühl zeigt.« Von ARISTOTELES stammt übrigens die Angabe, dass der Mensch unter allen Thieren das grösste Gehirn habe. Doch sind nicht alle Theile des Gehirns unempfindlich. Schmerz erregt z. B. die Reizung des Bodens des vierten Ventrikels, des verlängerten Marks, der Grosshirnschenkel, der Vierhügel, der zur Brücke gehenden Schenkel des kleinen Gehirns, der Ursprungsstelle des Trigeminus.

Mit erneuter Energie hat sich in dem letzten Jahrzehnt die Untersuchung der Frage über die Functionirung des Grosshirns, namentlich auch bezüglich der höchsten psychischen Functionen zugewendet. Durch Beobachtungen der Erfolge pathologischer und experimenteller Hirnläsionen und Reizungen suchte man die Thätigkeit des Grosshirns im Allgemeinen und die seiner einzelnen Theile festzustellen. Noch immer sind die Ansichten getheilt, es ist aber nicht zu verkennen, dass namentlich in Folge der Anregung, welche diese Untersuchungen durch HIRZIG und FRITSCH erhalten haben, die Antwort auf die einschlägigen Fragen, in welchen sich Physiologie und Psychologie direct berühren, eine bestimmtere Fassung gewinnt.

Es stehen sich zwei wissenschaftliche Meinungen gegenüber, welche sich beide auf Ergebnisse des Experiments und der Beobachtung berufen können. Die Mehrzahl der wissenschaftlichen Thatsachen schien bisher dafür zu sprechen, dass jeder Theil des Grosshirns, resp. seiner graue Ganglienzellen enthaltenden Rindensubstanz in gleichartiger Weise für die Bethätigung der höheren Seelenthätigkeiten functionire, sodass lediglich je nach ihrer verschiedenen Grösse die einzelnen Grosshirnabschnitte sich mehr oder weniger an dem Gesamterfolg betheiligen würden.

Man hatte beobachtet, dass eine durch pathologische Processe beim Menschen oder durch das Experiment bei Thieren erfolgte functionelle Ausschaltung, Abtragung und Entfernung von Grosshirnabschnitten nicht ausnahmslos und mit Nothwendigkeit bestimmte und dauernde Veränderungen hervorbringe. Es schien, als könnten die nach krankhafter Zerstörung oder nach Abtragung noch vorhandenen unverletzten Hirntheile die Function der ausgeschalteten übernehmen. Es wurde constatirt, dass angeborene oder pathologisch erworbene abnorme Kleinheit einer Grosshirnhälfte nicht wie die doppelseitige nothwendig, oder wenigstens nicht dauernd mit Störungen in der motorischen, sensiblen oder psychischen Sphäre verknüpft sei. Vielfach vermisst man solche Störungen bei namentlich langsam ausgebildeten Defecten oder Erkrankungen grösserer oder kleinerer Partien einer Hemisphäre. In FLOURENS' u. A., namentlich HERTWIG's Experimenten wurde das grosse Gehirn scheibenweise abgetragen, einmal von vorn nach hinten, ein anderes Mal von hinten nach vorn, ein drittes Mal von aussen nach innen. Die Operation schien vollkommen wirkungslos zu bleiben, wenn FLOURENS von einer beliebigen Partie des Grosshirns eine geringe Menge von Substanz entfernte; nahm er dagegen an irgend einer Stelle ein grösseres Stück fort, so wurden, wie er angiebt, Bewegungs- wie Sinnesfunctionen gleichmässig, und bei Wegnahme gleichgrosser Stücke in gleichem Grade geschwächt. Bei einer gewissen Maximalgrösse der ausgeschalteten Hirnmasse verschwand mit einem Mal der gesammte, bis dahin noch be-

stehende Rest der Grosshirnfunctionen. Der übrig gebliebene Gehirntheil konnte dann aber trotzdem noch genügen, um nach wenig Tagen die gesammte Functionirung wieder herzustellen. Analoge Resultate gaben die Versuche von GOLTZ, bei welchen grössere und kleinere Grosshirnabschnitte ausser Function gesetzt wurden. BROWN-SÉQUARD folgert aus seinen und FLOURENS' u. A. eben angeführten Experimenten im Zusammenhang mit den Sectionsergebnissen bei Menschen nach Gehirnleiden, dass zwar jede Grosshirnfunction von bestimmten Organtheilen abhängig sei, dass letztere für bestimmte Functionen, aber nicht in umschriebenen Bezirken beisammen liegen, sondern, an Ganglienzellen gebunden, durch das ganze Grosshirn zerstreut seien. Die functionell gleichwerthigen Ganglienzellen stehen seiner Ansicht nach durch associirende Fasern mit einander in Verbindung und bilden auf diese Weise zwar ein Ganzes, aber, wenn nicht alle, so doch viele Hirntheile enthalten den verschiedenen Functionen vorstehende Elemente.

So wohl begründet diese Meinung der psycho-physischen Gleichwerthigkeit der gesammten Grosshirnrinde erscheinen mag, so konnte sie doch die entgegenstehende Annahme nicht entkräften, welche in der Rinde des Grosshirns und ihren einzelnen Abschnitten einen Complex functionell verschiedener Apparate, welche an verschiedenen Stellen der Gehirnoberfläche lokalisiert seien, erkennen will. Immer zahlreichere Beobachtungen vereinigen sich, um dieser zweiten Hypothese das wissenschaftliche Uebergewicht über die erstere zu verschaffen.

Zuerst sind es vornehmlich pathologisch-anatomische Erfahrungen, welche man gegen FLOURENS anführen kann. Wenn auch langsam ausgebildete Läsionen einer Grosshirnhemisphäre oftmals ohne bemerkbare Functionsstörungen verlaufen, so beobachtet man doch, dass sogar viel geringer ausgedehnte, aber plötzlich entstandene, einseitige pathologische Grosshirnverletzungen oder Reizungen lokalisierte Symptomencomplexe, und zwar halbseitige Bewegungs- und Empfindungslähmungen: Hemiplegie hervorriefen. Diese Functionsstörungen pflegen meist insofern gekreuzt aufzutreten, als Läsion der einen Grosshirnhemisphäre Lähmungen auf der entgegengesetzten Körperhälfte hervorruft, ein Verhalten, welches man auf die Kreuzung der Fasern im Gehirn und namentlich in den Pyramiden, die Pyramidenkreuzung bezieht. Letztere sollte fehlen, wenn die Hemiplegie nach dem Sectionsergebniss gleichseitig aufgetreten war. Ein Verschwinden der Lähmungserscheinungen ohne Rückbildung der Läsion, die sie primär verursacht hatte, liess sich daraus erklären, dass durch halbseitige Erregung des Gehirns, in Folge der functionellen Verknüpfung beider Grosshirnhälften, beide Körperseiten innerviert werden können, eine Annahme, welche durch das Experiment und pathologische Beobachtung (cf. unten) Bestätigung zu finden scheint. Aus dem gleichen Grunde erklärt es sich, dass durch die pathologische Läsion einer umschriebenen Stelle des Grosshirns beiderseitige Lähmungs- oder Reizungserscheinungen auftreten können. Auch BROWN-SÉQUARD's Angaben kommen hier in Betracht; nach diesen führt unter Umständen Zerstörung bestimmter Gehirnthteile nicht allein zum Verlust der an dieselben gebundenen Functionen, sondern kann auch in die Ferne hin einen Reiz ausüben, der die Thätigkeit anscheinend unverletzter Gebiete für kürzere oder längere Zeit vollkommen oder theilweise aufhebt. Analog ist die

stande zu sprechen, während sie das Sprechen der Umgebung sich durch Zeichensprache und Schrift (cf. unten) verständlich machen. Vergleichende Untersuchung »normaler« Thier- und Menschengehirne unter sich scheinen der grauen Substanz der vorderen seitlichen Abschnitte, namentlich der Insel und den sie umlagernden Windungen hohe Bedeutung für die Möglichkeit der Intelligenzentwicklung zu verleihen. Broca verlegte in die der Insel nächste (seine III.) Stirnwindung das Sprechvermögens, indem er anführt, dass bei Aphasischen relativ häufig krankhafte Zerstörungen (Extravasat, Erweichung) in der Stirnwindung selbst oder ihrer nächsten Umgebung finden; nach Degeneration der Insel und der Vormauer Aphasie hervor. Auch ganz bestimmte Functionsstörungen (cf. unten) wollte man in bestimmten Läsionscentren im Gehirn, wenigstens mit Wahrscheinlichkeit, lokalisiren können.

Bei diesem ungelösten Zwiespalt der Meinungen brachten Untersuchungen von Hirtzig und Fritsch, an welche sich zunächst die von u. v. A. anschlossen, neues Beweismaterial für die Lokalisation der Reizung der Grosshirnoberfläche mit electricischen Strömen zeigt: In ganz umschriebenen Stellen motorisch erregbar, in sofern alle diese Stellen aus eine Bewegung der gegenüberliegenden Körperteile hervorrufen lässt; Reizung aller anderen Stellen der Grosshirnoberfläche mit Strömen derselben Intensität bringt keine Bewegung hervor. Die erhaltenen Reizeffekte konnte Hirtzig innerhalb einer bestimmten Oberflächenzone der grossen Hemisphäre lokalisiren. Bei Affen sind die Reizpunkte sämtlich in einer Windung, welche nach Hirtzig der präcentralis des Menschen entspricht, beim Hund und bei den Vögeln liegen sie sich in zwei Gyris des Vorderhirns. Fig. 252 ist das Gehirn

seitigen Bewegungen beantwortet wird, zum Beweis einer bilateralen Innervation von einer Reizstelle des Grosshirns aus. Ausserdem wurden Centren für die Bewegungen der Rumpfmuskeln und des Schwanzes an der

Fig. 252.

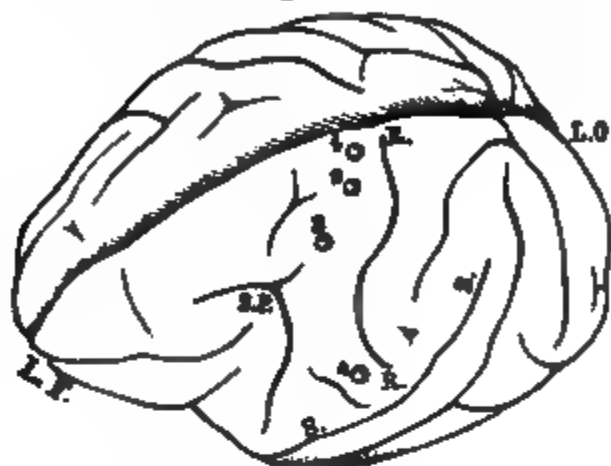


Fig. 253.



Grosshirnoberfläche nachgewiesen. Die Gehirnoberfläche von Vögeln fand man nirgends motorisch erregbar. Zu bemerken ist noch weiter, dass es bis jetzt noch nicht gelungen, durch mechanische und chemische Reize die Grosshirncentren regelmässig in Aktion zu bringen. Die Bewegungsstörungen, welche durch Verletzung oder Abtragung der motorischen Grosshirncentren hervorgerufen werden, sind keine eigentlichen Paralysen, die Thiere können ihre Glieder noch bewegen. Daraus erklärt es sich, dass frühere Experimentatoren, z. B., FLORENZ die motorische Veränderung übersehen konnten. Die Bewegungen der verletzten Thiere zeigen aber, dass sie nur noch ein mangelhaftes Bewusstsein von den Zuständen des betroffenen Gliedes besitzen, und die Fähigkeit, sich vollkommene Vorstellungen über dasselbe zu bilden, ihnen abhanden gekommen ist. Wenn der im »Centrum für die Extremitäten« verletzten Hund auf einem Tisch geht, so tritt er mit dem kranken Bein ins Leere und fällt vom Tisch, obwohl er nachweislich nicht blind ist. Wenn er an einer horizontalen Leiste herumläuft, so stösst er sich mit dem kranken Bein daran, obwohl er sie sieht. Die Hunde benehmen sich mit ihrer kranken Extremität so, als wenn alle äusseren Zustände, einmal die der Muskeln, dann die der Objecte des Raums vom Sensorium für die Bewegungen des kranken Gliedes, aber nur für diese, nicht in Rechnung gestellt werden (HITZIG).

Die geschilderten Versuchsergebnisse konnten von der überwiegenden Mehrzahl der nachprüfenden Experimentatoren bestätigt werden. Bezüglich der Deutung derselben herrscht noch Differenz der Meinungen. HITZIG und FRITSCH, KRIEGER u. v. A. halten sich für berechtigt, die motorischen Punkte der Grosshirnoberfläche als psycho-motorische Centren anzusprechen, nicht reflektorisch, wie SCHIFF meint, sondern direct durch Willensacte soll von diesen Stellen aus die Erregung eintreten können. Dass auch noch nach Abtragung der grauen Substanz stärkere (FRANÇOIS-FRANK und PITRES elektrische Reizung der weissen Hirnmasse analoge Bewegungen hervorrufe, hatte schon HITZIG bemerkt und mit Recht darauf bezogen, dass eine Reizung der Leitungsbahn der wie im gesammten Nervensystem den gleichen Erfolg habe, wie die Erregung des centralen Reizorgans. FRANÇOIS-FRANK und PITRES konnten die be-

treffenden Leitungsbahnen in die Tiefe der weissen Substanz verfolgen. Die Behauptung, dass nach wenig Tagen der Erfolg der einseitigen Ausschneidung der psycho-motorischen Hirncentren wieder verschwinde, beruht wohl auf dem, dass diese nicht vollständig extirpiert waren: wenn nach längerer Zeit die Heilung des Zustandes eintritt, so lässt sich das zunächst erklären nach oben dargelegten Möglichkeit einer doppelseitigen Innervation von jeder der beiden Hemisphären aus. Eine wichtige Stütze hat die Annahme des psycho-motorischen Charakters der Centren durch die Beobachtungen SOLTSMANN'S an neugeborenen Hunden erhalten. Er fand, dass in den ersten Tagen nach der Geburt, obwohl die Thiere dann schon vielfache Bewegungen ausführen, die sämtlichen Reizeffekte von der Oberfläche des Grosshirns aus fehlen. Erst am 40. oder 41. Lebenstage erscheinen Zuckungen in der Vorderpfote und erst mit dem 46. Tage treten die Erfolge der Reizung wie bei dem erwachsenen Thiere ein. Ebenso konnte er in den ersten Lebenstagen bei neugeborenen Hunden die motorischen Hirncentren ausschneiden, ohne irgendwie merkliche Schädigung des Bewegungsvermögens. Die innere Kapsel, die Austrittsstelle des Hirnschenkels fand SOLTSMANN dagegen auch bei Neugeborenen schon ausgebildet. SOLTSMANN beruft sich für die Deutung seiner Resultate auf die oben dargelegten anatomischen Beobachtungen MEYNER'S. Letzterer findet, dass im Hirnschenkel zweierlei getrennt verlaufende motorische Bahnen für die Extremitätenmuskulatur sich finden (cf. oben S. 968). Die eine dieser Bahnen verläuft in der Haube, ist bei Neugeborenen bereits gut entwickelt. Ihre Fasern stehen von den grossen Hirnganglien (Sehhügel, Vierhügel, innerer Kern) aus durch eine Seitenbahn mit den Sinnesnerven in Verbindung, so dass sie nach der obigen Darstellung als eine Reflexbahn aufzufassen. Die andere im Fuss des Hirnschenkels verlaufende Bahn, welche MEYNER als die Bahn der Willkürbewegungen anspricht, ist beim Neugeborenen noch sehr unentwickelt. Die Beobachtungen FLEXSIG'S u. A. ergaben, dass bei Neugeborenen (Menschen) die anatomische Ausbildung der Faserung des Centralnervensystems noch sehr unvollkommen ist. SOLTSMANN erklärt daher die Wundheilung



**dieser** abnorme Zustand zurück, die Thiere lernen wie Neugeborene wieder **-sehen** und hören. Bei von Geburt an einseitig blinden oder tauben Thieren **sind** die betreffenden physiologisch nicht functionirenden sensoriellen Partien **der** Hirnoberfläche schwächer, dagegen die functionirenden stärker entwickelt.

Nach oberflächlichen lokalisirten Grosshirnverletzungen treten oft erhebliche Temperatursteigerungen der gegenüberliegenden Extremitäten ein (LEPIN, EULENBURG und LANDOIS, HITZIG u. A.). Der Erfolg wird erklärt durch die **Annahme** von vasomotorischen, in der Rindenoberfläche des Gehirns gelegenen, **-auch** die Herzbewegung beeinflussenden Apparaten (A. v. BEZOLD u. A.), z. Th. **die** Endorgane der im Pedunculus cerebri verlaufenden Gefässnerven. Nach **DANILEWSKY** liegt ein den Blutdruck steigerndes Centrum bei Thieren im »supra-sylvischen Gyrus« der Hirnrinde. Man will diesen vasomotorischen Centren einerseits die Function der Uebertragung psychischer Einflüsse auf die vasomotorischen Bahnen zuschreiben, andererseits sollen sie dem Bewusstwerden **lokaler** Temperatur- und Circulationsveränderungen durch Vermittelung »associatorischer Rindensysteme« dienen.

(Ueber die Functionen der Grosshirnganglien cf. unten den Abschnitt über coordinirte Bewegungen.)

P. ALBERTONI nennt eine durch mechanische und schwache electriche Reize erregbare **Stelle** der Grosshirnrinde bei Hunden und Katzen hinter dem Sulcus cruciatus: epileptogene Zone, da von hier aus wohlcharakterisirte epileptische Anfälle der entgegengesetzten **Körperhälfte** ausgelöst werden können (MEYNERT's Angabe cf. unten bei Coordinirte Bewegungen.) Von derselben Stelle aus kann die Speichelsekretion der Unterkieferdrüsen lebhaft vermehrt werden.

Chemische Reize, auf die Dura mater über den motorischen Hirncentren angebracht, sollen letztere (cf. oben S. 973) erregen.

Bei Fröschen löst Reizung des Grosshirns Bewegung der Glieder, bei Fischen solche des Schwanzes und des Kopfes aus (FERRIER). O. LANGERDORFF beobachtete auf einseitige Grosshirnreizung bei Fröschen Bewegungen der Extremitäten an der der Reizstelle entgegengesetzten Körperhälfte. Derselbe bestimmte mit L. KRAEZOFF die Zeit, welche verstreicht vom Moment der electricen Reizung im Gehirn bis zum Austritt der Erregung aus dem Rückenmark in den Plexus sacralis, zu 0,0360—0,0375 Sekunden; davon nimmt die Zeit für die Leitung im Rückenmark 0,0473, die im Gehirn also 0,02 Sekunden in Anspruch, was gegen den einseitig reflektorischen Character (SCHIFF) der Erregung spricht. (cf. oben Leitung der Erregung im Nerven und unten Reflexe).

FRANÇOIS-FRANK und PITRES treten für den centralen Charakter der motorischen Punkte der Grosshirnrinde ein. Sie finden die graue Substanz weit erregbarer als die darunter gelegene weisse. Einige Tage nach Zerstörung eines grauen Centrums verliere die darunter gelegene weisse Marksubstanz die Erregbarkeit, während die benachbarte, entzündlich gereizte graue Substanz stärker erregbar werde. L. LUCIANI und A. TAMBURINI finden, dass die motorisch-erregbaren Stellen der Hirnrinde ihrer Lage und Bedeutung nach nicht nur bei verschiedenen Individuen derselben Species, sondern auch an beiden Hemisphären desselben Thieres nicht unbeträchtlich variiren können, und zwar unabhängig von etwaigen anatomischen Gehirnasymmetrien.

BETZ bemerkte, dass die von ihm als Riesenpyramiden bezeichneten, in Nestern angeordneten Ganglienzellen beim Hunde gerade in den von HITZIG als motorisch erwiesenen Hirnrindenpartien liegen.

Die Lokalisierung der motorischen und sensiblen Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen suchte HITZIG durch Analogie zwischen Hunde-,

Affen- und Menschengehirn festzustellen. Er kommt zu dem Schlusse, dass die motorisch erregbare Region des Hundehirns im menschlichen Gehirn der Scheitelregion entspricht. Bei Affen liegen nach HIRZIG die Centren nachbarlich in der vorderen Centralwindung; nach FERRIER auch in der hinteren Centralwindung und anderen nächstgelegenen Windungsschnitten. PANSCH machte darauf aufmerksam, dass sonach die motorischen Centren am Affen- und Hundehirn an anatomisch nicht gleichwerthigen Windungen sich finden. J. M. CHAMON und A. PITRES kommen durch möglichst vollkommene Sammlung und Sichtung der klinischen Erfahrungen über Läsionen der Grosshirnrinde des Menschen zur Anerkennung einer motorischen Region in derselben, und zwar in den beiden Centralwindungen, im Lobus paracentralis und in der Basis der drei Stirnwindungen. Die motorischen Centren für die Extremitäten lägen im Lobus paracentralis und in den beiden oberen Dritteln der Centralwindungen; die für die untere Gesichtspartie im untersten Drittel der beiden Centralwindungen, in der Nähe der Fossa Sylvii; wahrscheinlich läge das Centrum für die isolirten Bewegungen der Oberextremitäten im mittleren Drittel der Centralwindung. —

So gross auch die Uebereinstimmung dieser Lokalisierungsversuche der Functionen im Grosshirn im Augenblick scheint, so darf man doch nicht vergessen, dass die darauf gegründete Theorie noch sehr gewichtige Gegner besitzt. GOLTZ' und BROWN-SÉQUARD'S Anschauungen wurden schon oben im Allgemeinen vorgetragen. Der Letztere beweist im Gegensatz zu dem oben Mitgetheilten aus der casuistischen Literatur, dass nicht einmal die Angabe der gekreuzten Wirkung der Hirnläsionen feststehe, er führt über 200 Fälle an, bei welchen durch Läsionen einer Hirnhälfte die gleiche Körperseite gelähmt wurde; bis jetzt habe die ärztliche Beobachtung noch kein Sprechcentrum und keine bestimmten Centren für Arm- und Beinbewegungen im Gehirn nachgewiesen, Bewegungs- und Empfindungslähmungen der Glieder gehen von den verschiedensten Hirnthteilen aus. J. BURDON-SANDERSON glaubt, die motorischen Wirkungen von der Hirnrinde aus zum Theil auf Stromschleifen der reizenden electricen Ströme, durch welche die motorisch erregbaren tieferen Gehirnpartien, namentlich das Corpus striatum getroffen werden, zurückführen zu dürfen (cf. unten), während DURR und CARVILLE den Linsenkern wenigstens als ein zweites motorisches Centrum ansprechen. KREMAUL kommt in Beziehung auf die Aphasie zu den Worten: »insbesondere werden wir überall die naiven Versuche, einen Sitz der Sprache in dieser oder jener Hirnwindung zu suchen, mit Lächeln hinweggehen«. Bei Aphasischen ist manchmal auch die Schriftsprache erloschen, manchmal schreiben rechtseitig Gelähmte, namentlich solche von geringem intellectuellen Bildungsgrade eine Spiegelschrift, von rechts nach links gehend, welche im Spiegel gesehen der gewöhnlichen Schrift entspricht.

BROWN-SÉQUARD kauterisirte mit weissglühendem Eisen die rechtseitige Hirnoberfläche bei Hunden und Kaninchen; es traten in Folge davon am Auge, Ohr, Gesicht, Nasenhöhle derselben (rechten) Seite die Zeichen einer Sympathikuslähmung ein. BROWN-SÉQUARD glaubt, dass hierbei durch Reizung von Trigeminusendigungen in der Hirnoberfläche reflektorisch der Sympathikus gelähmt wurde, da Verbrennung und Reizung von Wunden der Gesicht- und Scheitelhaut die gleichen Wirkungen hervorbringen.

Von den älteren Beobachtungen über Lokalisation im Gehirn ist hier noch Einiges nachzutragen. Die physiologischen Centren für die Vermittelung scheinbar sehr nah verwandter Empfindungen und Bewegungen scheinen im Gehirn nicht immer an nachbarliche Leitungswege geknüpft zu sein. Die aus der Pathologie bekannten partiellen Empfindungslähmungen scheinen dafür den Beweis zu liefern. Es kann durch eine centrale Ursache (Apoplexie, Blei- oder Chlorkalklähmung) die Fähigkeit zur Vermittelung des Gemeingefühls an einer Körperseite vernichtet sein, ohne dass das Tastgefühl gelitten hätte. In der Chloroformnarkose geht das Gefühl für Schmerz frühzeitiger verloren als das Tastgefühl. Nach Selbstbeobachtung scheint mir hierbei überhaupt die Fähigkeit der sensiblen Nervenendorgane, auf starke Reize stark zu antworten, verloren zu sein, während doch die Fähigkeit zur Aufnahme schwacher Reize noch besteht. Das Gefühl für Berührung bleibt länger als das Schmerzgefühl, auch das

er behält die Fähigkeit, schwache Geräusche, schwache Klänge zu vernehmen, das flüsternde Brechen, das Klirren der Sperrkette eines vorüberfahrenden Lastwagens wird vernommen.

Umgekehrt sprechen andere Beobachtungen für eine sehr innige Verknüpfung und nachträgliche Lagerung der sensiblen und motorischen Centren im Gehirn. E. H. WEBER betonte schon nach seinen Beobachtungen, welche durch die HIRZIG'schen Experimente bestätigt werden, dass die Centren für Tastsinn denen für willkürliche Bewegung der Glieder sehr nahe liegen müssen. Viele Empfindungen verknüpfen sich mit Bewegungen und erst das Resultat dieser kommt zur Vorstellung; namentlich die Physiologie des Auges bietet für den letzteren Fall, wie wir sahen, vielfältige Beweise, z. B. die Vorstellungen über Grösse, Entfernung, Bewegung der gesehenen Objecte. Auch die Pathologie lehrt, dass die für die Empfindlichkeit wichtigen Partien des Gehirns ebenso wichtig sind für die willkürlichen Bewegungen. Die Gefühlslähmungen in Folge der Zerstörung derselben sind stets mit mehr oder weniger ausbreiteten Bewegungslähmungen derselben Seite des Körpers verknüpft.

### Die Reflexe.

Die Lehre vom freien Willen scheint vorauszusetzen, dass der Mensch aus sich, aus inneren, von den Einflüssen der Aussenwelt unabhängigen Gründen auf seine Umgebung durch aktive Handlungen, Bewegungen einzuwirken vermag. Diese Art der Darstellung passt, wenn überhaupt, dann wohl nur auf eine äusserst geringe Anzahl von Bewegungserscheinungen.

Die Thätigkeit des Organismus, auf der das Ergreifen sowie das Abstossen des Körpers der Aussenwelt beruht, wird zweifelsohne im normalen Bestande des Organismus am häufigsten von dem Gehirne aus hervorgerufen, aber ebenso steht es über allem Zweifel erhaben, dass diese erregende Einwirkung des Gehirnes in der grössten Mehrzahl der Fälle selbst wieder hervorgerufen wird durch ihm an sich fremde, von aussen her dem Centralorgan zugeleitete Bewegungen, Reize. Wir sehen so auf das Innigste die Empfindung und Bewegung mit einander verknüpft: bei näherer Betrachtung zeigt sich sogar deutlich, dass zunächst jeder Empfindung eine bestimmte Gruppe von Bewegungen entspricht, dass sich direct Empfindung in Bewegung umsetzt, reflektirt. Wir beobachten, dass wir diese Reflexbewegungen zwar durch den Willen unterdrücken können, sehen aber immer und immer wieder, dass ihr Zustandekommen von unserer Willkür unabhängig ist. Es lässt sich also nicht leugnen, dass ein grosser Theil der scheinbar willkürlichen Bewegungen unseres Organismus mit dem Willen als Bewegungsgrund Nichts zu schaffen zu haben braucht. Wir sind, wie oben dargelegt, gewöhnt, aus der Zweckmässigkeit einer eingeleiteten Bewegung auf ihre Spontaneität zu schliessen; es ist dieser Schluss aber, wie wir sahen, vollkommen ungerechtfertigt. Es zeigt sich, dass alle die Reflexbewegungen, die wir kennen lernen werden, in hohem Maasse die Eigenschaft der Zweckmässigkeit erkennen lassen, sie sind alle auf Abwehr dem Organismus Gefahr oder Schmerz erregender Reize oder auf Ergreifen Wollust erregender, Schmerz stillender Objecte gerichtet. Ueberall sehen wir, dass die Natur den Bestand des Organismus nicht der Willkür desselben frei überlässt, sondern in bestimmten Grenzen ihn zur Selbsterhaltung zwingt. Die betreffenden zweckmässigen, vom directen Willensantriebe unabhängigen Bewegungen des Organismus sind

nur einer der unzähligen Beweise von dem Walten der Naturkräfte, welches sich in den Einrichtungen der einzelnen Organe ebenso wie in der Verknüpfung derselben zu gemeinschaftlicher Thätigkeit beweist.

Um direct die Frage zu entscheiden, ob im Rückenmarke Organe vorhanden sind, welche durch innere, in ihnen selbst gelegene Gründe: Willen zweckmässige Bewegungen des Körpers einzuleiten vermögen, hat man von jeher Untersuchungen an Thieren angestellt, denen man das Rückenmark unter dem verlängerten Marke durchschnitten hatte. Zu solchen Versuchen wurden vorzugsweise kaltblütige Thiere, besonders Frösche verwendet, bei welchen die Gewebe und Organe nach der Rückenmarksdurchschneidung, nach dem Aufhören der Athmung, nach dem vollkommenen Verluste alles Blutes doch noch eine längere Zeit — Stunden bis Tage lang — ziemlich ungestört functioniren können.

Schneiden wir einem Frosche den Kopf ab, so wird dadurch die Bewegungsfähigkeit des Rumpfes durchaus nicht aufgehoben, ein enthaupteter oder enthirnter Frosch unterscheidet sich eher durch grössere als durch geringere Beweglichkeit von einem gesunden. Nach Abtrennung des Gehirns pflegt sich der Frosch nach einiger Zeit wie von einer anfänglichen Betäubung zu erholen, er setzt sich auf die gewöhnliche Weise und wir sehen ihn unter Umständen sogar hüpfen.

Es ist damit bewiesen, dass in dem Rückenmarke sich die Organe finden müssen, welche nicht nur die Muskelbewegungen hervorrufen, sondern sie auch zu zweckmässigen Bewegungsgruppen vereinigen. Dürfen wir uns aber in dem Rückenmarke eine automatische, willkürliche Erregungsursache denken? Es ist dieses die Frage, ob im Rückenmarke ein Theil des Willens enthalten sei, im letzten Ende also die Frage nach der Theilbarkeit des Willens. Die Frage scheint in diesem Falle verneint werden zu müssen.

Die genauere Beobachtung des enthirnten Frosches zeigt, dass diese scheinbar willkürlichen Bewegungen trotz ihrer unverkennbaren Zweckmässigkeit in der Mehrzahl der Fälle auf die unwillkürliche Abwehr auf den Rumpf einwirkender Reize gerichtet sind. Die Bewegungen werden erregt durch Empfindungsreize; die Bewegung der sensiblen Nerven wird reflektirt auf motorische Nerven und löst auf diese Weise Muskelbewegungen aus.

Auch das Annehmen der sitzenden Stellung der enthirnten Frösche ist deutlich gegen einen Reiz gerichtet. Unter normalen Umständen nehmen die Frösche bei vollkommener Ruhe gleichfalls diese Stellung ein, da bei jeder anderen der Mangel des vollkommenen Gleichgewichtes, die Spannung einzelner Glieder als Reiz wirken muss.

Man stellt sich das Zustandekommen der Reflexbewegungen in der Art vor, dass der Bewegungsantrieb auf die Muskeln zwar von einer im Rückenmarke gelegenen Ganglienzelle (oder einer Anzahl solcher untereinander anatomisch und functionell verknüpfter Centralorgane) ausgeht, dass diese aber ihren Reizzustand nicht aus sich selbst producirt habe, sondern dass sie in denselben versetzt worden sei durch die von einem äusseren Reize erzeugte Erregung einer sensiblen Faser, welche entweder direct in ihr endigt oder ihren Erregungszustand durch verbindende Fasern irgendwie auf sie überträgt.

Bei Einwirkung eines schwächeren Reizes sehen wir, dass die Reflexbewegung auf derselben Seite, auf welcher der Reiz einwirkte, auftritt und zwar ist als einfache Abwehrbewegung. Es werden zuerst die Muskeln des Liefers in Erregung versetzt, dessen Haut wir reizen; dann erst bei Verstärkung des Reizes wird die andere Extremität derselben Seite zu Bewegungen veranlasst. Steigern wir den Reiz noch weiter, so geräth auch die andere Seite in Thätigkeit, bis der ganze Rumpf in einen Sturm von Bewegungen hineingerissen ist: Reflexkrämpfe. Die Reflexkrämpfe, welche in gewissen Zuständen des Organismus (cf. unten) schon auf schwächere Reize eintreten, zeigen sich entweder an nur einzelnen Muskelgruppen oder noch häufiger an allen Muskeln gleichzeitig. Nach der Angabe von PFLÜGER breitet sich der Reizzustand in Reflexkrämpfen zunächst von dem Ort der Erregung im Rückenmark in demselben Niveau aus, geht also zunächst auf die andere Rückenmarksseite über, ehe Fasern in anderen Niveaus des Rückenmarks ergriffen werden. Zeigt B. zuerst die eine der beiden unteren Extremitäten den Reflexkrampf, so geht nach PFLÜGER weiter zunächst die gleichnamige Extremität der anderen Seite, dann die obere Extremität auf der Reizseite, dann die auf der entgegengesetzten. Jedenfalls sehen wir also, dass von einer Stelle aus, vielleicht von einer sensiblen Nervenfasern aus, der gesammte Bewegungsmechanismus des Thieres reflektorisch in Thätigkeit versetzt werden kann. Es ist diese That-sache nur so zu verstehen, dass Zusammenhänge nicht nur zwischen den nächstgelegenen Ganglienzellen existiren, sondern dass auch alle Centren des ganzen Rückenmarkes unter einander in directem Zusammenhange stehen, so dass sich Bewegungsvorgänge in dem einen auch auf die anderen fortzupflanzen vermögen. Das Gesetz der Fortpflanzung der Erregung scheint nicht sehr complicirt. Zunächst bei schwachen Reizen bleibt der Erregungszustand auf die direct erregten Zellen beschränkt. Es existirt, wie wir an einer anderen Stelle schon ausgeführt haben, in den Ganglienzellen ebenso eine Hemmung der Bewegung wie in den anderen der Bewegung dienenden Organen. Diese Hemmung erfordert zu ihrer Wegräumung eine bestimmte Kraft; bei schwachen Reizen genügt die ihnen entsprechende Bewegungskraft, welche sie in der Zelle erzeugen, gerade dazu, die Hemmungen in ihr selbst und vielleicht in den nächsten Zellen zu beseitigen. Je weiter von dem Reizungscentrum aus sich die Bewegungskraft verbreiten soll, desto grösser muss selbstverständlich ihre Intensität sein. Diese ist in gewissen Grenzen eine directe Function der Intensität des einwirkenden äusseren Reizes. Mit seinem Zunehmen wird die Bewegungskraft immer weiter von dem Centrum entfernt noch stark genug sein, die Bewegungshemmungen in anderen Ganglienzellen zu beseitigen. Doch ist auch die Reflexerregbarkeit bei verschiedenen Körperzuständen sehr verschieden (cf. unten). Erkältung des Rückenmarks durch Wärmeentziehung setzt die Reflexerregbarkeit sehr bedeutend herab (J. ROSENTHAL).

Wir haben den elektrischen Strom des Rückenmarkes als eine Hemmungsrichtung der Bewegung der in der Längsrichtung säulenartig von ihm polarisirten Rückenmarksmoleküle kennen gelernt, wodurch besonders Bewegungen der Rückenmarksmoleküle senkrecht auf die Rückenmarksaxe erschwert werden. Es kann uns nicht auffallen, dass wir dieselbe, uns von dorthier schon bekannte Erscheinung hier wieder auftreten sehen, indem wir die Reflexe erst auf die



der gereizten Hautstelle entsprechende Körperseite beschränkt finden, zum Zeichen, dass sich in der Längsrichtung des Rückenmarkes die Bewegungen leichter verbreiten als in der Querrichtung. Bei heftigen Reizen sehen wir auch diese Hemmung überwunden.

Das Experiment bekommt ein ganz eigenthümliches Gesicht, wenn wir einen Frosch an einer bestimmten Hautstelle reizen und ihm dann die zuerst erregte Extremität abschneiden. Es zeigt sich dann, dass er die anderen Extremitäten an Stelle der abgeschnittenen benutzt. Dieses Experiment macht auf den ersten Blick ganz den Eindruck, als wäre in dem enthirnten Rumpfe wenigstens noch ein dunkles Bewusstsein von dem jeweiligen Körperzustande und den diesem entsprechenden Bedürfnissen. Es werden, wenn die gewohnten natürlichen Bahnen der Reflexe durch die genannte Verstümmelung unmöglich geworden sind, andere eingeschlagen, deren Betreten schliesslich zu dem anscheinend bewusst angestrebten Resultate der Reizabwehr führt. Das ganze Räthsel löst sich aber sehr einfach, wenn man bei der Anstellung dieses Experimentes auf die Reizstärke, die man in Anwendung zieht, achtet. Diese scheinbar zweckmässige Anwendung des am meisten tauglichen Gliedes reduziert sich auf den schon betrachteten Fall, dass bei Reizverstärkung alle Muskeln endlich durch den Reiz in Thätigkeit versetzt werden; der Anblick des Experimentes wird nur dadurch verändert, dass wir die gleichzeitige Thätigkeit des abgeschnittenen Gliedes nicht bemerken können.

Reflexbewegungen an decapitirten oder enthirnten Thieren fehlen übrigens auch bei den Säugethieren nicht, besonders lassen sie sich an ganz jungen Individuen leicht und schön nachweisen. Man kann bei Säugethieren und Menschen auch in anderer Weise das Gehirn von der Beeinflussung des Rückenmarkes abhalten, wie durch Decapitiren. Zum Theil haben wir diesen Zustand im Schläfe; bei dem Menschen auch dann, wenn der Geist durch vollkommenen Concentration auf einen ihn fesselnden Gegenstand die Umgebung gänzlich vergisst. Es lassen sich an schlafenden und in der bezeichneten Art geisteswesenden oder narkotisirten Menschen dieselben Experimente mit gleichem Erfolge wiederholen, die wir eben bei dem Frosche betrachtet haben. Wir kommen dadurch zur Ueberzeugung, dass eine grosse Reihe der Bewegungen, die uns selbst zunächst willkürlich scheinen, z. B. das Kratzen auf Reize der Haut, die Gestikulationen bei Schmerzen, aus denen man mit Sicherheit auf den Ort des Schmerzes schliessen kann etc., im Grunde unwillkürlich sind, wahre Reflexe, woher es stammt, dass sie bei allen Menschen mit gleichbleibender Regelmässigkeit eintreten. Heftige Kolikschmerzen zwingen Jeden, die Brust dem Becken zuzuneigen und die Hände auf den Unterleib zu legen; Jeder stemmt bei Seitenstechen die Hand in die schmerzende Seite oder legt sich, wenn dadurch der Schmerz vermindert wird, in dem Bette wenigstens auf dieselbe.

Man hat früher meist angenommen, dass die Reflexbewegungen der Hautnerven stets nur in Abwehr eines gegen den Körper gerichteten Reizes beständen — bei dem Frosch das Fortstossen der kneipenden Pincette, das Weichen der Säure, welche man auf eine Hautstelle gestrichen hat, die Fluchtversuche, wenn man den enthirnten Rumpf festzuhalten versucht. Gorn hat nachgewiesen, dass auf bestimmte Hautreize an der Brusthaut bei enthirnten

nlichen Fröschen oder Froschstümpfen in der Begattungszeit die vorderen Extremitäten mit dem Theil des Rumpfes, an welchem sie ansitzen, den reizenden Körper — z. B. Finger — nicht wegstossen, sondern ergreifen und fest klammern, in derselben Weise, in welcher das brünstige Männchen das Weibchen zu umklammern pflegt. Ich möchte hier daran erinnern, dass diese Klammerung als ein Reflexkrampf der Muskulatur der oberen Extremitäten betrachtet werden muss. Bei Fröschen ist z. B. im Strychnintetanus und in allen anderen Allgemeinkrämpfen je nach dem Geschlecht die Armhaltung constant verschieden. Während Weibchen im Krampfe die Arme seitlich und etwas nach rückwärts ausstrecken, werden bei dem Männchen, bei dem die Flexor-muskeln der Arme an Stärke überwiegen, die Arme fest gegen die Brust zusammengebeugt, die Hände meist gefaltet. Reizt man ein solches männliches Thier in der Krampfpause mit dem Finger an der Brusthaut, so umklammert es bei dem eintretenden Reflexkrampf regelmässig den Finger. Auch der unversehrte Frosch umklammert auf den entsprechenden Reiz, wenn man ihn unmittelbar vorher aus der Umarmung des Weibchens gerissen hat (s. S. 172), andere Gegenstände. Wir haben dabei an eine lokale Erhöhung der Reflexthätigkeit im Rückenmark zu denken, wie sie bei Strychninvergiftung sich allgemein zeigt.

Wir haben im Rückenmark eine grosse Zahl von Reflexcentren anzunehmen. Eine sehr grosse Anzahl solcher findet sich auch im verlängerten Mark und im Hirne. Sehen wir zuerst nur auf solche Reflexe, welche mit den hiesig besprochenen schon in der Erscheinung Verwandtschaft haben, so sehen wir, dass die sensiblen Hautnerven, mögen sie im Hirne oder Rückenmark ihren Endpunkt haben, auf ganz gleiche Weise mit motorischen Apparaten verknüpft sind. Man braucht hier nur sich zu erinnern an die Gestikulation bei Schmerz. Ebenso ist allbekannt der Augenlidschluss bei Berührung der Cornealhaut (Conjunctiva). Das Husten und Niesen sind auch derartige Reflexe, bei denen sich auf Reizung bestimmter Schleimhautpartien starke forcirte Expirationsbewegungen einstellen, die den Luftstrom an der gereizten Stelle vorbei stossen, so dass ein dort etwa vorhandener reizender Körper herausgetrieben werden könnte. Diese Reflexe werden in der Nase durch die Reizung des Trigeminus hervorgerufen, in dem Kehlkopfe durch Erregung des Vagus superior, der die Schleimhaut des Kehlkopfes mit empfindenden Fasern versorgt.

Auch die Nerven der höheren Sinnesorgane sind reflectorisch mit motorischen Apparaten verknüpft. Wir haben die Muskeln kennen gelernt, welche sich an die Organe der Sinnesnerven ansetzen und zweckentsprechend bewegen. Wir lernten Muskeln in den Sinnesapparaten kennen, deren Bewegungen reflektorisch erfolgen. Hierher gehört z. B. Pupillenverengerung bei Reizung der Retina; die reflektorisch eintretenden Bewegungen der Muskeln des mittleren Ohres, auf deren Contraktionen die Stellung der Gehörknöchelchen gegen einander beruht; die Zungenbewegungen bei heissen Geschmacksreizen. Aber auch bei den Sinnesnerven der höheren Sinne sehen wir, dass von einem Punkte aus nicht nur die zunächst gelegenen motorischen Centralapparate erregt werden können, sondern, dass bei Verstärkung des Reizes die Gesamtmuskulatur in Bewegung versetzt werden kann.

Die Untersuchung der eigentlich reinen, von Vorstellungen ganz unabhängigen Reflexe, welche durch die höheren Sinnesnerven vermittelt werden, wird dadurch vielfältig gestört, dass sich mit Bewegungen, die allem Anscheine nach wahre Reflexe sind, doch, wie wir aus Erfahrungen an uns selbst wissen, wahre Vorstellungen und vielleicht auch Willensantriebe verknüpfen. So wissen wir, wie leicht bei nervös erregbaren Personen vom Opticus, vom Akustikus, wie von den anderen Sinnesnerven aus Schutzbewegungen, Fluchtversuche etc., an denen sich die Gesamtmuskulatur betheiligt, hervorgerufen werden. Das Erschrecken, welches von allen Sinnesnerven aus erregt werden kann und stets wenigstens mit tetanischen Muskelzuckungen verbunden ist, hat etwas unwillkürliches und stellt sich sonach in die Reihe der Reflexvorgänge; trotzdem können wir uns, da uns zum Erschrecken die Vorstellung des Erschrecklichen zu gehören scheint, der Annahme nicht verschliessen, dass wir es hier mit Vorgängen höherer, complicirterer Art zu thun haben als bei den gewöhnlichen Reflexvorgängen. Man müsste, um die Frage, was denn eigentlich an diesen vom Gehirn und den höheren Sinnesnerven aus vermittelten Bewegungen Reflexe seien, die Seele, das Sensorium, ebenso ausschliessen können, wie wir das bei den Reflexerscheinungen am Rückenmark durch Abschneiden des Gehirnes vermochten. Man kann hoffen, entweder an Thieren, denen man das Grosshirn exstirpirte, oder an neugeborenen Kindern diese Frage lösen zu können, bei denen das Sensorium noch nicht entwickelt ist. Letztere erschrecken wirklich durch Reize von den Sinnesnerven aus ebenso wie Erwachsene.

Der Tast- und Temperatursinn ist mit einer Anzahl motorischer Apparate verknüpft. Besonders deutlich ist die Verbindung der Hautnerven mit den Bewegungsnerven für die Athemmuskulatur; das Kind schreit auf Hautreize, ohne dass es den Ort der Reizung schon zu unterscheiden vermag. Es schliesst seine Lippen reflektorisch um einen die sensiblen Lippennerven kitzelnd erregenden Körper: Brustwarze, Finger etc., worauf Saugbewegungen gemacht werden. Dass schon die Gesamtverbindung der sensiblen und motorischen Apparate existirt, ist daraus ersichtlich, dass unter Umständen auf sensible Reize fast alle Muskeln in Thätigkeit versetzt werden, z. B. bei Leibschmerzen, bei welchen die Extremitäten krampfhaft an den Leib angezogen werden, der Rücken gekrümmt, die Brust dem Unterleibe genähert wird. Auch von dem Geschmackssinn aus lassen sich schon bei Neugeborenen Reflexe auf die Gesamtmuskulatur erhalten, die, wenn stark schmeckende Substanzen mit der Zunge in Berührung gekommen sind, lebhaft genug auftreten, um uns von ihrem Vorhandensein zu überzeugen, ehe wir annehmen dürfen, dass das Sensorium schon ein Urtheil über den Werth der schmeckenden Substanz für den Organismus zu fällen vermag.

Man kann mit dem grössten Anspruch auf Wahrheit behaupten, dass die Entwicklung des Sensoriums an das Vorhandensein der grossen Hemisphären des Gehirnes geknüpft ist. Man kann danach bei Thieren den Versuch machen, diese Organe theilweise zu entfernen, um die uns vorliegende Frage zu entscheiden. Das Experiment wurde von MAGENDIE, LONGET u. A. vielfältig angestellt. Kaltblütige Wirbelthiere sind zu diesen Experimenten im Allgemeinen wenig geeignet, da sich ihr Verhalten durch die Entfernung des Grosshirns relativ viel weniger ändert, als das der Vögel und Säugethiere. GOLTZ beobacht-

lass nach Abtrennung des Grosshirns die Frösche, wenn man die Haut des Rückens sanft streicht, oder die Rückenhautnerven anderweitig (mechanisch reizt, regelmässig ein Quarren hören lassen, was bei dem unversehrten Frosch nicht der Fall ist. Junge Säugethiere überleben die Operation einige Tage. Häufig wurden Hühner oder Tauben zu diesem Experimente benutzt. HOFF sah mit VOIT eine der Tauben, an der der grösste Theil der Grosshirnsphären mit möglichster Schonung der Organe der Hirnbasis (der Grossganglien) entfernt waren, sich nach der Operation wieder erholen und über sehr lang Untersuchungsobject bleiben.

Die »enthirnten« Tauben sitzen anfänglich nach der Operation betäubt, erholen sich aber nach und nach zu einem Zustande, in welchem man sie leicht mit Aufmerksamkeit von gesunden Tauben unterscheiden kann. Eine solche enthirnte Taube schien munter, ging, flog auch zuweilen ohne nachweisbare Ermüdung; in die Luft geworfen flog sie bis zu irgend einen Ruhepunkte, wo sie sich niedersetzte. Sie sah vollkommen gut, die Augen bewegten sich frei; es liess sich nachweisen, dass sie hörte und schmeckte. Ihr Geruchssinn war verloren. Sie liess sich durch Zupfen am Schnabel nicht nur zu Kaugewebungen, sondern sogar zu Bewegungen des Zorns reizen; sie schlug dann mit dem Schnabel, gurrte und sträubte die Federn. Merkwürdig ist es, dass diese Taube trotz dieses anscheinend normalen Verhaltens sich selbst Nahrung und Getränke zu sich nahm, obwohl sie nach den Thieren ebenso pickte wie nach anderen glänzenden Dingen. Steckte man ihr etwas in den Schnabel, so schluckte sie. (»Enthirnte« Hühner picken dagegen nur nach den Körnern, die ihnen vorgeworfen werden, sondern ernähren sich auch damit mehr oder weniger vollständig.) Im Anfange fehlte ihr ein richtiges Urtheil über ihre Bewegungen; sie stiess an Gegenstände, die ihr im Wege standen, ging an den Rand des Tisches und wäre herabgefallen, wenn nicht Gebrauch von ihren Flügeln gemacht hätte; später kamen diese Erfahrungen weniger zur Beobachtung. Das eine der operirten Thiere war eine weibliche Taube. Trotzdem dass normaler Samen in reichlicher Menge in den sich entwickelten Hoden gebildet wurde, wie die Section ergab, war der Täubchen doch gegen eine brünstige Täubin ganz gleichgültig, ebenso gegen andere Thiere. Aeusserungen von Furcht konnten nicht an ihm beobachtet werden. Er sass das Thier ruhig, den Kopf unter den Flügeln, so dass es zu schlafen schien. Vorerst geht aus diesen Experimenten hervor, dass das »enthirnte« Thier die Mehrzahl der Sinneseindrücke noch erhält, dass aber keine Willensbetheilungen mehr durch jene erweckt werden. Die Grosshirnsphären besitzen sich also als die ausschliesslichen Organe der Vorstellungen, des Willens; organische Verrichtungen und Sinneswahrnehmungen zeigten sich dagegen davon unabhängig. Für die Beurtheilung dieser Versuche an »enthirnten« Vögeln hat man sich an die Angabe FERRIER's zu erinnern (cf. oben S. 973), dass der Grosshirnoberfläche der Vögel keine psychomotorischen Centren nachzuweisen konnte. Wie vollkommen die Ergebnisse der Enthirnung mit den Darlegungen MEYNERT's über den Gehirnbau übereinstimmen geht, aus der Vergleichung des betreffenden Abschnittes hervor S. 963 u. 974.

Unsere Frage, ob von den höheren Sinnesnerven aus auch reine Reflexbewegungen vermittelt werden können, die sich auf eine grössere Anzahl von

lenden Körper, ebenso Geruchsreize wie aus der Bewegung des Körpers bei dem »Spüren« ersichtlich ist.

So haben wir also auch diesen grossen Theil der Bewegungen den höheren Sinnesapparaten aus erregt sehen, zum grossen Theil auf Reflexvorgänge, vom Willen gänzlich unabhängig, zurückge-  
stiessen hierbei aber auch gleichzeitig auf Thatsachen, die es uns deuten, dass sich höhere Seelenthätigkeiten, Vorstellungen etc. unter Umständen mit den durch Reflexe einzuleitenden Bewegungen ver-  
sie modificiren können.

Am dressirten Thiere sehen wir ebenso wie am gebildeten Menschen die Bildung vor Allem in einer Modifikation oder Unterdrückung der Bewegungen beruht. Auch die inneren Empfindungen: Trauer, Furcht, Freude, Hunger, Durst besitzen, wenn sie eine bestimmte Grenze erreicht haben, unwillkürliche, reflektorische Stellungen und Bewegungen, welche ihnen eigenthümlich sind und ihre Gegenwart verrathen. Die Unterdrückung oder Beschränkung dieser wie der erstbesprochenen Bewegungen ist Hauptaufgabe der äusserlichen Bildung des Menschen.

Wir sehen aber, dass mit dem geselligen Zustande des Menschen diese Beschränkung auch ein Hervorbringen neuer Bewegungen verbunden ist, von Bewegungen, welche sich in der Art ihrer Entstehung in Nichts von den Reflexbewegungen unterscheiden lassen. Solche derartige Bewegungen erlernte Reflexe nennen zum Unterschied von den bisher besprochenen, die man als angeborene Reflexe bezeichnet. Zu den erlernten Reflexen sind die Bewegungen beim Schreiben, Zeichnen, Tanzen etc. zu rechnen. Wen erinnert nicht das plötzliche Ausbrechen der Unterzehen, wenn sich ein Vorgesetzter naht, die ras-



hingere als auf anderen, so dass die Nervenerregung, wenn der Wille als Richtungsmoment ausser Aktion ist, stets diesen im leichtesten zu passirenden Wege einschlägt (S. 730, 734, 763), und es ist, wie neuerdings mehrfach, aber namentlich von DARWIN hervorgehoben wurde, sehr wahrscheinlich, dass dieser Zustand der veränderten Reflexerregbarkeit auch durch Vererbung fortgepflanzt werden kann (z. B. bei den Jagdhunden, Schäferhunden), wodurch die Zweckmässigkeit sehr complicirter Reflexe in ein neues Licht gestellt wird.

Die letzten Betrachtungen müssen uns veranlassen, auch die übrigen uns bisher bekannt gewordenen Reflexbewegungen von diesem Gesichtspunkte des Erlernten aus noch einmal zu betrachten. Schon vorhin wurde es uns aus der Betrachtung des neugeborenen Menschen klar, dass ganz zweifellos die Grundlage der Reflexvorgänge, nämlich die Verbindung aller motorischen und sensiblen Reflex-Centralorgane unter einander schon von Anfang an existirte. Trotzdem sehen wir, dass beim Neugeborenen ein Theil der Reflexbewegungen noch nicht erfolgt, wenigstens nicht in der zweckmässigen Weise wie später. Ein neugeborenes Kind schreit zwar und kommt schliesslich in starke allgemeine Bewegung, wenn es an einer Stelle seiner Haut schmerzhaft erregt wird, es gehört aber schon einige Entwicklung dazu, bis es reflektorisch die Hand z. B. zurückzieht von dem heissen Gegenstand, an dem es sich gebrannt hat; bis es den schmerzenden Gegenstand, den es gefasst hält, fallen lässt; bis es zweckmässige Abwehrbewegungen gegen die Reize zu machen im Stande ist. Es hängt dieses offenbar damit zusammen, dass die Fähigkeit der Lokalisirung der Empfindungen auf der Haut eine erlernte Eigenschaft ist, so lange diese Fähigkeit noch nicht existirt, kann vielleicht auch keine zweckmässige Reflexbewegung entstehen. So mag also vielleicht auch ein Theil der vom Rückenmark allein nach Abtrennung des Kopfes erregten Reflexbewegungen durch Uebung erlernt sein. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass ein grosser Theil derselben auch dem Menschen sicher angeboren ist. Es ist bekannt, dass wir im Gegensatze zu diesen am Menschen gemachten Beobachtungen bei vielen Thieren, besonders Vögeln, sehr bald nach der Geburt eine überraschende Ausbildung der Reflexbewegungen wahrnehmen: so dass diesen also fixe Bahnen für Reflexe in grosser Zahl angeboren zu sein scheinen. Vielleicht tritt mit der in der Thierreihe fortschreitend erfolgenden höheren Entwicklung der Willensorgane die angeborene Ausbildung der möglichen Reflexwege zurück, dem Willensantrieb wachsenden Spielraum gebend zur Selbsterziehung seiner Bewegungen.

Blendet man einen Frosch beiderseits, so quakt er ganz regelmässig bei Berührung seiner Rückenhaut mit dem nassen Finger (O. LANGENDORF, GOLTZ' oben erwähnter Quakversuch scheint danach mehr auf Durchschneidung der Nervi optici als auf die Gehirnverletzung als solche zu beziehen).

Die Uebertragung des Reizes im Rückenmark von einem sensiblen auf einen motorischen Nerven nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, welche nach HELMHOLTZ etwa zwölfmal grösser ist als die Zeit, welche die Leitung der Erregung in den betreffenden Nervenstämmen erfordert. Wendet man nur starke (für das Maximum der Reflexerregung ausreichende und übermaximale) Reize an, so sieht man diese Reflexzeit mit der Stärke des Reizes abnehmen und endlich unter Umständen unmerklich(?) werden.

Bei Ermüdung kann die Reflexzeit wachsen (J. ROSENTHAL). Unter PREYER's Leitung haben HEINTZMANN und C. FRATSCHER bewiesen, dass durch continuirliche, äusserst langsam ansteigende chemische, mechanische (Quetschen) und thermische Reize bei enthirnten wie unverletzten Fröschen keine Reflexzuckungen von der Haut aus eintreten und dass die Glieder resp. die ganzen Thiere dabei ohne Reflexerregung absterben. FORSTER fand dasselbe für thermische Reize.

**Sehnenreflexe.** — (BROWN-SÉQUARD, CHAROT u. A.) Durch Perkussion (Erschütterung durch Klopfen) der Patellarsehne (Patellarreflexe) und der Achillessehne werden bei den meisten Gesunden, sicherer noch bei Rückenmarksleidenden Contraktionen des Quadriceps resp. der Wadenmuskulatur hervorgerufen. Während WESTPHAL diese Erscheinung aus direkter Reizung und Zerrung des Muskels erklärt, halten sie ERB und LEWINSKI für eine reflektorische, da sie nach Durchschneidung der betreffenden Muskelnerven verschwindet. WESTPHAL unterscheidet die Sehnenreflexe als Unterschenkelphänomen und Fussphänomen. Auch C. BURCKHARDT hält diese Erscheinungen für reflektorische, glaubt aber, dass der Bogen dieses Reflexes nicht im Rückenmark, sondern im Plexus mit den Spinalgangliengeschlossen werde, da die Sehnenreflexe fortbestehen nach Durchschneidung der Nervenwurzeln im Wirbelkanal und nach Zerstörung des Lendenmarks, nach Durchschneidung der Nervi crurales aber verschwinden.

Die reflektorischen Thätigkeiten haben an anderen Stellen schon öfters Erwähnung gefunden. Man fasst bekanntlich unter den Begriff Reflex nicht nur die Reflexbewegungen der Skeletmuskeln zusammen, welche wir bisher allein besprochen. Manche behaupten auch auf sensible Reizung Reflexerschaffung (?) von Muskeln. VIERORDT führt als Beispiele der Reflexerschaffung an die Entleerung von Koth und Urin bei stärkerer Ansammlung derselben in ihren Behältern durch plötzliche Erschlaffung der Sphinkteren (?) in Folge momentaner Reizung der Haut, z. B. durch kaltes Wasser. Nach unvermutheten sensiblen Eindrücken sollen auch Spannungen von Skeletmuskeln nachlassen, so dass man z. B. ein gehaltenes Object fallen lässt. Die Erscheinungen lassen übrigens auch eine ganz andere Erklärung zu. Hier würden sich auch die in der Medicin öfter genannten Reflexlähmungen anschliessen. Auch die Hemmung der Herzbewegung auf Vagusreizung wurde als Reflexerschaffung gedeutet. Von der reflektorischen Erregung der Drüsenerven war bei der Darstellung der Drüsenenthätigkeiten mannigfach die Rede.

### Die Reflexhemmung.

Schon mehrmals haben wir davon gesprochen, dass der Wille von Einfluss auf die Reflexbewegungen sei. Es setzt dieser Einfluss eine materielle Verbindung der Centralorgane des Willens sowohl mit allen sensiblen als auch mit allen motorischen Centren voraus.

**Reflexhemmung vom Gehirnaus.** Der Einfluss, den der Wille auf die Reflexe ausüben vermag, besteht, ausser der Schöpfung neuer Reflexwege durch fortgesetzte Uebung, vor Allem in der Unterdrückung und Modifikation der natürlichen Reflexbewegungen. Es ist allem Zweifel überhoben, dass in den Hemisphären des Grosshirns die Centralorgane des Willens anzunehmen seien. Daher sahen wir, dass nach Abtrennung des Grosshirnes die Reflexe in ganz regelmässiger Weise auftreten, während bei dem nicht enthirnten Thiere die Reflexbewegungen willkürlich unterdrückt und durch zweckmässige Spontanbewegungen ersetzt werden können. Man hatte schon mehrfach daran gedacht, dass im Gehirne ein eigenes Hemmungsorgan für Reflexe vorhanden sei, welches durch seine Erregung das Zustandekommen der Reflexe

verhindern könnte: ein Zwischenorgan, welches man sich unter normalen Verhältnissen vom Willen aus reflektorisch in Erregungszustand versetzt denken könnte. SETSCHENOW zeigte, dass, wenn man einen bestimmten Theil des Gehirnes chemisch — z. B. mit Kochsalz — reizt, die Fähigkeit zu Reflexen für das gesamte Thier verschwinde, mit der Entfernung des Reizes aber wieder zurückzukomme. Das Organ, dessen Erregung diese Reflexhemmung hervorruft: das Reflexhemmungscentrum, lokalisiert SETSCHENOW in die Lobi optici des Froschgehirnes (cf. unten). Harnstoff im Blute ist, wie schon erwähnt, ein Reiz für dieses Hemmungscentrum. Bei Anwesenheit von grösseren Mengen von Harnstoff im Blute hören zuerst die Reflexbewegungen auf und kehren nach seiner Entfernung wieder zurück. Auch diese Wirkung lässt sich auf die angegebene Stelle im Froschgehirn lokalisieren (J. RANKE). Analog scheint auch Morphinum zu wirken (SETSCHENOW).

Nach neueren Beobachtungen (GOLTZ, SETSCHENOW u. A.) erfolgt auch bei enthirnten Thieren durch starke Reizung sensibler Nerven eine Reflexhemmung. Die Ausstellungen, welche namentlich HERZEN an der Theorie des Reflexhemmungscentrums machte, ergeben, dass die Erfahrungen über dieses Organ noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden dürfen.

Reflexhemmung im Rückenmark. Wir haben schon gesehen (S. 762 u. 979), dass ein elektrischer, auf das Rückenmark auf- oder absteigend von aussen einwirkender Strom das Zustandekommen der Reflexe zu hemmen vermag. Die Reflexbewegungen treten immer langsamer ein, je intensiver der Strom wirkt, um endlich bei einer bestimmten Stärke desselben ganz zu verschwinden. Wir müssen also im Rückenmarke selbst, das normal stets von einem starken elektrischen Strome (Froschstrom) durchflossen ist, auch in diesem Strome eine Reflexhemmung annehmen, die es erklärt, warum auch bei dem enthirnten Frosche die Zeit eine ziemlich bedeutende ist, welche verfliesst zwischen dem Reiz und dem Eintritt der Reflexbewegung. Leider kann man aus der Bestimmung dieser Zeit keinen Schluss ziehen auf die Zeit, welche ein Reiz bedarf, um eine Ganglienzelle zu erregen. Man kennt zwar die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven; man kann auch wenigstens annähernd genau die Länge der durchflossenen Nervenstrecken messen und die auf sie treffende Verzögerung des Reizerfolges in Abrechnung bringen; es bleibt aber dabei noch eine unbestimmbare Unbekannte, welche nicht zu berechnen ist, nämlich die Länge des Weges, den die Nervenenerregung im Rückenmarke selbst zu durchlaufen hat.

Unter pathologischen Umständen, bei denen sich eine Verminderung der Intensität des elektrischen, das Rückenmark durchfliessenden Stromes ausbildet, sehen wir die normale Hemmung der Bewegung in den reflektorischen Centren sehr bedeutend vermindert. Wir sehen auf verhältnissmässig geringe Reize reflektorisch die Gesamtmuskulatur eines Thieres in Aktion, Tetanus, gerathen. In dieser Richtung wirkt die Vergiftung mit Strychnin. Bei dem Menschen werden derartige Reflexkrämpfe auch hervorgerufen durch verhältnissmässig geringe Reize bei sogenannten »nervenschwachen Personen«, deren krankhafter Zustand gewöhnlich mit dauernden Ernährungsstörungen der Muskeln und Nerven verbunden ist. Wir wissen, dass bei derartigen Leiden die Intensität aller normal im Organismus kreisenden elektrischen Ströme abnimmt, so dass

wir es erklärlich finden, dass auch der das Rückenmark durchfliessende Strom so geschwächt ist, dass er nun nicht mehr zu einer genügenden Reflexhemmung hinreicht.

Im Zustande der Apnoe, wenn das Blut mit Sauerstoff übersättigt ist, bleiben die Reflexkrämpfe bei Strychninvergiftung aus. ROSENTHAL und LITZ.

### Automatische Centren.

Der Grund, warum wir mit solcher Ausführlichkeit die Frage nach dem Zustandekommen der Reflexbewegungen behandeln mussten, liegt darin, dass wir nur dann, wenn wir diese von äusseren Ursachen im Organismus erzeugten Thätigkeiten auszuschliessen vermögen, im Stande sein werden, wahrhaft automatische Bewegungen zu erkennen.

Unsere bisherige Betrachtung hat uns gelehrt, dass jedenfalls die grösste Anzahl der Bewegungen des thierischen und menschlichen Leibes, welche in hohem Maasse den Anforderungen der Zweckmässigkeit genügen, zu ihrem Zustandekommen eine in dem Organismus selbst entstandene — automatische — Erregung nicht bedürfen. Freilich ist damit noch nicht bewiesen, dass sie niemals durch automatische Willenserregung zu Stande kommen. Unser Bewusstsein sagt uns, dass wir unter Umständen dieselben Bewegungen willkürlich hervorrufen, die wir unter anderen reflektorisch eintreten sehen. Wir können analog, wie die Erregung durch äussere Reize entstehen kann, auch durch innere, Willensreize, die motorischen Centren erregen, aus deren Thätigkeit die geordnete zweckmässige Bewegung von Muskelgruppen hervorgeht, die der Wille an sich nicht kombinirt, die schon durch innere anatomische Verknüpfungen oder durch geringere Widerstände auf gewissen Bahnen der Nervenirregung mit einander innig zu gleichzeitiger, einer höheren Aufgabe für den Bestand des Organismus dienender Aktion verknüpft sind (koordinirte Bewegungen).

Ausser den reflektorischen schreibt man dem Rückenmark auch automatische Apparate zu. Vom Rückenmark wird normal beständig ein Tonus glatter Muskeln unterhalten und, wie GOLTZ nachgewiesen hat, ein tonischer Einfluss auf die Aufsaugung vorzüglich aus den Lymphräumen in das Blutgefässsystem. Auch die Aufsaugung aus Darm und Magen steht nach GOLTZ unter dem Einfluss des Rückenmarks. Früher wurde auch ein Tonus willkürlicher Muskeln als automatische Wirkung des Rückenmarks angenommen.

Man versteht ursprünglich unter Muskeltonus eine direct vom Rückenmark angeregte, also aktive, beständige automatische, schwache unwillkürliche Contraction sämtlicher Skeletmuskeln (JOHANNES MÜLLER). Man darf zunächst Tonus nicht verwechseln mit der normalen passiven Spannung des Muskels zwischen seinen Ansätzen, welche bei der Muskeldurchschneidung Auseinanderweichen der Schnittflächen veranlasst. Die nach Facialislähmung eintretende Verzerrung des Gesichts nach der gesunden Seite scheint ebenso wenig auf Tonus zu beruhen. Nach der Contraction der Gesichtsmuskeln der gesunden Seite reicht die Spannung der dadurch verzogenen gelähmten

Muskeln nicht hin, sie wieder auf ihre frühere Länge auszudehnen. Analog erhält es sich mit den Stellungsveränderungen des Augapfels nach Lähmung einzelner Augenmuskeln. HEIDENHAIN'S Versuche sprechen direct gegen einen automatischen Tonus quergestreifter Muskeln. Er zeigte, dass ein passend gespannter Muskel, der mittelst seiner motorischen Nerven noch mit dem Rückenmark zusammenhängt, sich auf eine Durchschneidung des Nerven nicht vergrößert. Wenn man den automatischen Tonus leugnet, so ist damit noch nicht ausgeschlossen, dass nicht unter bestimmten Bedingungen vom Rückenmark aus eine unwillkürliche, schwache Contraction willkürlicher Skeletmuskeln stattfindet, aber dieselbe ist nicht automatisch, sondern reflektorischer Natur. BRONDGEEST durchschnitt bei Fröschen das Rückenmark unter dem verlängerten Mark und dann den Plexus ischiadicus des einen Beines. Das Thier zeigte senkrecht hängend auf der nicht operirten Seite alle Gelenke etwas gebeugt, das ganze Bein etwas angezogen, auf der operirten Seite erschienen die Gelenke schlaff. Durchschneidung der hinteren (sensiblen) Rückenmarkswurzeln hatte denselben Erfolg wie vollkommene Nervendurchschneidung, so dass es damit sicher gestellt erscheint, dass dem Rückenmark und von da aus den motorischen Nerven der Beugemuskeln von den sensiblen Hautnerven aus fortgesetzt ein Reiz zugeleitet wird. Diese Contractionen sind also nicht automatisch, sondern reflektorisch.

Als Tonus unwillkürlicher Muskeln wird die unter normalen Verhältnissen dauernde Contraction des Dilator pupillae, welche nach Durchschneidung des Halsstammes des Sympathicus aufhört, angesprochen. Das automatische Centrum dieses Tonus: Centrum ciliospinale (BUDGE), soll im Rückenmark in der Gegend des Halsmarks liegen, weil Lähmungs- und Reizungszustände dieser Rückenmarkspartie den Dilator entsprechend beeinflussen (Pupillenerweiterung bei Reizung, Verengerung bei Lähmung). Der automatische Charakter dieser Einwirkung ist jedoch nicht sicher gestellt, es sind reflektorische Beeinflussungen nicht ausgeschlossen, und neuere Versuche verlegen das eigentliche Erregungscentrum, zu welchem sich das Centrum ciliospinale nur als Zuleitungsorgan verhalten würde, in die Medulla oblongata (SALKOWSKI). KOLL hat nachgewiesen, dass electriche Reizung der Vierhügel Pupillenerweiterung hervorruft, welche nach Durchschneidung des Halssympathicus aufhört.

Auch den glatten Muskelfasern der Blutgefäße kann ein beständiger schwacher Contractionszustand nicht abgesprochen werden. Er wird durch die verengernden Gefässnerven vermittelt, nach deren Durchschneidung die Gefäße sich erweitern. Dieser Tonus wird vom Rückenmark angeregt, da halbseitige Rückenmarksdurchschneidungen die Arterien halbseitig lähmen. Man nahm für diesen Gefässmuskeltonus automatische Centren im Rückenmark an. BUDGE sucht das Gefässnervencentrum, auf dessen Reiz sich alle kleineren Arterien verengern, im Gehirn, in der Nähe der Grosshirnstiele. Auch hier scheint der Beweis der Automatie nicht erbracht, Reflexe sind nicht ausgeschlossen. GOLTZ hat nachgewiesen, dass reflektorisch der Gefässtonus beeinflusst werden kann, und zwar von den Nerven der Baueingeweide (Darm und Magen), durch ihre mechanische oder electriche Reizung wird der Tonus ge-



lähmt. Andererseits verlegt man auch den Sitz des eigentlichen Erregungscentrums nun höher in das verlängerte Mark.

Auch eine dauernde, leichte Contraction glatter Sphinktermuskeln existirt. Füllt man das Rectum mit Flüssigkeit an, so wird, wenn die betreffenden Nerven intakt sind, erst bei höherem Druck der Sphinkterenschluss überwunden als nach Durchschneidung der Nerven (GIANNUZZI u. A.). Nach BUDGE, GIANNUZZI und KUPRESSOW liegt das Centrum dieser »tonischen« Innervation im Rückenmark (zwischen dem 4. und 6. Lendenwirbel bei Kaninchen und Hunden). BUDGE, der bei Kaninchen das untere Centrum genito spinale in die Gegend des 4. Lendenwirbels versetzt, findet noch ein oberes im Pedunculus cerebri. Ob ein Sphincter vesicae existirt und sein etwaiger tonischer Verschluss ist noch streitig. Die Contraction der Harnröhrenmuskulatur scheint nach BUDGE reflektorisch.

Das S. 988 erwähnte, von GOLTZ entdeckte Phänomen der Beeinflussung der Resorption im Blutgefäßsystem von Seite des Rückenmarks zeigt sich darin, das bei Fröschen nach Abtrennen des Gehirns und bei erhaltenem Rückenmark sehr rasch eine Aufsaugung einer in die Lymphräume gebrachten indifferenten Flüssigkeit in das Blutgefäßsystem erfolgt; die Resorption bleibt aber aus, so wie das Rückenmark zerstört wurde. Hier ist ein beständiger Einfluss unverkennbar, ob wir ihn uns aber automatisch oder reflektorisch zu denken haben, ist ebenfalls nicht entschieden, das letztere wird dadurch wahrscheinlicher, weil reflektorisch durch Reizung der Hautnerven (der unteren Extremitäten) die Resorption gesteigert werden kann.

Im Rückenmarke sind sonach wahre automatische Centren bis jetzt noch kaum sicher gestellt, die auf ihre Anwesenheit gedeuteten Phänomene lassen sich auch als Reflexerscheinungen auffassen. Damit ist jedoch natürlich nicht ausgeschlossen, dass diese Bewegungscentren, welche durch Reflexe beeinflusst und erregt werden können, nicht unter Umständen auch aus Ursache innerer, in ihnen selbst entstandener Veränderungen in Thätigkeit verfallen können. Das Vorkommen zweier anatomisch verschiedener Nervenzellarten im Rückenmark deutet man für automatische Funktionen desselben (cf. unten), und die eigenthümliche Verknüpfung der automatischen Zellen mit dem Fasernetze der grauen Substanz würde auch gelegentliche Reflexe ermöglichen. Alle Vorgänge, welche zu einer Veränderung der chemischen Gewebszusammensetzung führen, erregen schliesslich auch die genannten Centren; aus diesem Grunde bringen sie z. B. Erstickungskrämpfe hervor. Wir sehen letztere daher nicht nur auftreten bei allgemeiner Verarmung des Blutes an Sauerstoff und Ueberladung mit Kohlensäure, sondern auch dann, wenn z. B. bei Stagnation des Blutes in den Gehirngefäßen durch Verschluss der zuführenden Arterien oder durch Verblutung diese Veränderung zunächst nur das Blut des Gehirns oder die Gehirnssubstanz selbst trifft. Die Krämpfe bei Verblutung benannte man als anämische Krämpfe (KUSSMAUL und TENNER).

Von der Medulla oblongata, dem verlängerten Mark, finden wir eine Reihe von Bewegungen hervorgerufen, welche für die erste Betrachtung den Charakter des automatischen an sich tragen, in Wahrheit aber reflektorisch scheinen.

Die Aktionen, welche hier in Betracht gezogen werden müssen, sind vor

lem die rhythmischen Athembewegungen und die Hemmung und Regulirung der Herzbewegung; beide Thätigkeiten haben ihren Sitz in der verlängerten Marke. Man hat sie dort näher zu lokalisiren versucht und die rhythmischen Athembewegungen wenigstens ist es auch gelungen, den Sitz des Athemcentrums, des Centralorganes der Athembewegungen aufzufinden. Er liegt nahe der Spitze des Calamus scriptorius, an der Ursprungsstelle des Vagus und Accessorius. Seine Zerstörung unterbricht momentan die Athembewegungen, so dass bei warmblütigen Thieren sogleich nach derselben der Tod eintritt (Noeud vital, FLOURENS). Von diesem Organe aus werden fortwährend rhythmisch die Athemmuskeln in Thätigkeit versetzt, ohne dass wir von aussen her eine Reizung auffinden könnten, welche die Bewegungen als reflektorisch entstanden ausreichend erklären könnte. Auch bei dem Centralorgane der Herzregulirung in der verlängerten Marke scheinen äussere Reize nicht oder in geringem Maass betheiligt (cf. unter S. 993). Trotzdem spricht eine Reihe von Thatsachen dafür, dass auch hier Reflexe im Spiele sind.

Das Athemcentrum wird von dem Vagus und Laryngeus superior (ROSENTHAL) beeinflusst. Wir sehen auf Reizung der Nasen- und Kehlkopfhaut heftige Expirationsbewegungen eintreten, die ohne Zweifel als Reflexe gedeutet werden müssen. (Auch plötzlich erfolgende Hautreize — Berühren mit kaltem Wasser etc. — bewirken reflektorisch Einathmungsbewegungen.) Die Durchschneidung des Vagus am Halse bewirkt Verlangsamung der Athmung; Reizung des centralen Vagusstumpfes, der also noch mit dem verlängerten Marke in Verbindung steht, beschleunigt sie dagegen wieder (TRAUBE). Diese Ergebnisse des Experimentes lassen kaum eine andere Deutung zu, als dass von der Peripherie aus durch den Vagus beständig ein Reizzustand dem Noeud vital zugeleitet wird, der seine Ganglienzellen reflektorisch in Erregung versetzt, so dass Einathmungsbewegungen gemacht werden. J. ROSENTHAL fand, dass die Reizung des Laryngeus superior den gegentheiligen Effekt hat, so dass die höchste Intensität seines Reizzustandes Expirationsbewegungen (Husten) erzeugt. Zur Erklärung der Rhythmik der Ein- und Ausathmungsbewegungen macht er die Annahme, dass das Athemcentrum abwechselnd von den beiden genannten Reflexbahnen aus erregt wird.

Bei Verstärkung des Reizes auf das Athemcentrum werden zunächst ausser den normalen auch die accessorischen Athemmuskeln und endlich fast alle Körpermuskeln ergriffen, es treten Erstickungskrämpfe ein, für welche also das Centrum auch im Centrum der willkürlichen Athembewegungen zu liegen scheint. Doch nimmt man vielfach ein besonderes Krampfcentrum in der Medulla oblongata an, und deutet das Auftreten der Erstickungskrämpfe dahin, dass sich von dem Athmungscentrum bei Verstärkung des Reizes der Reizzustand auf benachbarte Theile der Medulla oblongata und vielleicht sogar des Rückenmarks fortsetzt, da man dann auch andere nervöse Centren: das Centrum des Rückenmarkes, das Centrum der Gefässnerven, das Herzhemmungscentrum etc. in einen Erregungszustand verfallen sieht. Der Reiz des Athemcentrums und der übrigen genannten Centren beruht, wie gesagt, normal auf einer chemischen Veränderung der Gewebsflüssigkeiten der nervösen Centralorgane (vor Allem Sauerstoffmangel an Sauerstoff und Anhäufung von Kohlensäure, cf. unten).

Auch für die Reflexerregung des Centrums für Regulirung der

Herzbewegung sprechen Thatsachen. Es scheint, dass stets von einer Anzahl sensibler Nerven aus reflektorisch Erregungszustände zu dem verlängerten Marke geleitet werden, welche die Herzbewegung verlangsamen. Das Nähere ist bei der Besprechung der Herznerven schon mitgeteilt. Auch das vasomotorische Centrum scheint in der Medulla zu liegen. Durchschneidung des Halsmarks lähmt und erweitert alle Arterien im Bereiche unterhalb des Schnittes, Reizung der Medulla verengt dagegen die Arterien (cf. oben und bei Gefässnerven). Nach dem oben Angeführten liegt auch das eigentliche Bewegungscentrum des Dilator pupillae in dem verlängerten Mark.

In der Medulla oblongata sind auch die Centren der Schlingbewegungen und der Kaubewegungen gelegen, welche beide reflektorisch, ersteres durch die sensiblen Nerven, welche in den Gaumenzweigen des Sympathicus liegen (SCHRÖDER VAN DER KOLK), erregt werden. Man schliesst auf ihr Vorhandensein daraus, dass sowohl Schlingkrämpfe als Kaumuskelkrämpfe [Trismus] bei Reizzuständen der Medulla oblongata auftreten.

Auch ein Centrum für chemische Aktion liegt im verlängerten Marke: das Centrum für Zuckerbildung in den Organen (Leber), neben ihm liegt ein anderes, dessen Reizung die Harnsekretion vermehrt. Beide Organe scheinen ebenfalls im normalen Zustande reflektorisch erregt zu werden. Nach der Exstirpation der Leber soll nach SCHIFF die betreffende Gehirnverletzung nicht mehr Diabetes hervorrufen. Diese Angabe wird durch die Entdeckung der Glycogen- und Zuckerbildung im Muskel und ihre Betheiligung am Diabetes zweifelhaft. Nach den Angaben BRÜCKE's, dass der Harn normal einen geringen Zuckergehalt erkennen lasse, schien das Centrum der Zuckerbildung beständig in geringem Grade thätig zu sein. J. SEEGEN's neue Versuche machten aber den normalen Zuckergehalt des Harns zweifelhaft. Nicht nur bei Säugethieren bringt der »Zuckerstich«, die Pique, eine Zuckerausscheidung im Harn zu Wege. KÜHNE hat den Zuckerstich mit Erfolg bei Fröschen, M. BERNHARD bei Vögeln ausgeführt.

Wir sehen, dass auch die scheinbare Automatie der Thätigkeiten des verlängerten Markes bei näherer Betrachtung sich auf reflektorische Erregung zurückführen lässt. Doch haben diese Aktionen immerhin etwas Besonderes vor den vorhin besprochenen Reflexbewegungen voraus. Wenn die Erregung, der sie den Antrieb verdanken, auch nicht zuerst in den motorischen Centren automatisch begonnen hat, so erfolgt dieselbe doch unter normalen Bedingungen in Folge von inneren, nothwendigen Zuständen des Organismus selbst nicht durch Reize, welche von aussen auf denselben einwirken. Wir können diese letzte Gruppe als innere Reflexe von den äusseren Reflexen, bei denen der Reiz ein äusserer, mehr zufälliger ist, unterscheiden.

In dem Mittelhirne, im Kleinhirn und auch noch in der Medulla oblongata scheinen die Coordinationscentren der Bewegung zu liegen, von denen unten noch Näheres folgt. Die Lage des Reflexhemmungscentrums (SETSCHENOW) ist schon oben (S. 987) besprochen. Electriche Reizung der Vierhügel bewirkt bei erhaltenem Sympathicus Pupillenerweiterung; das obere Centrum genitospinale und das obere Gefässnervencentrum verlegt BUDGE in die Hirngegend, in welcher der Pedunculus cerebri liegt.

## Zusammenstellung einiger wichtiger Reflexbewegungen.

Durch Reflexvorrichtungen stehen manche Nerven in sehr inniger Beziehung.

Der Nervus opticus steht reflektorisch in naher Beziehung zum Nervus oculomotorius, N. facialis und den sensitiven Nasenzweigen des Trigeminus. Die Reizung des Opticus führt zu einer Reflexreizung der Pupillarfasern des Oculomotorius; man zeigte, dass auf mechanischen Reiz des Opticus die Pupille sich wie bei stärkerer Lichtung des Opticus verengere. Eine heftige Opticuserregung zwingt reflektorisch zum Lidchluss der Augen (Facialis) und erregt Kitzel in der Nase, ja sogar Niesen (Trigeminus).

Des Nervus Trigeminus sensible Zweige reflektiren ihren Erregungszustand auf den Ramus lacrimalis des Augenastes, den Nervus facialis und die Expirationsnerven. Niesen und Blinzeln mit den Augenlidern vermittelt er dadurch reflektorisch, ebenso die Reflexabsonderung des Speichels und der Thränen.

Die meisten Reflexe, vom Nervus vagus ausgehend, sind oben schon ausführlich beschrieben. Es muss nur nochmals an den Reflex auf die Athemnerven erinnert werden. Der Husten, welcher auf Kehlkopfreizung eintritt, ist Wirkung des Vagus (Nervi laryngei superiores), welche ihren Reizzustand auf die Athemmuskulatur übertragen. Nach Durchschneidung der N. laryngei superiores bleibt der Husten aus.

Der Nervus glossopharyngeus steht in reflektorischer Beziehung zur Speichelsekretion. Seine sensiblen Fasern stehen in Reflexbeziehung zu dem motorischen Centrum des Schluckaktes.

Für die Rückenmarksnerven fand E. HARLESS, was E. CYON bestätigte, dass durch die hinteren Nervenwurzeln den vorderen (reflektorisch nach BEZOLD und BEVER) ein erhöhter Erregbarkeitsgrad mitgetheilt wird.

Sehr wichtig ist die Beobachtung SCHIFF's und LOVÉN's, dass von gewissen sensiblen Rückenmarksnerven aus auf die Weite der Gefäße reflektorisch eingewirkt werden kann: z. B. von den sensiblen Fasern der oberen Cervikalnerven kann auf die Lumina der Gefäße des Ohres eingewirkt werden. Auf dieselbe Weise (Reizung sensitiver Rückenmarksnerven) kann reflektorisch durch Vermittelung des Vagus der Herzschlag verlangsamt werden. Nach Vagusdurchschneidung hört diese Reflexmöglichkeit auf. Dieselben Nerven können auch die Athemnerven reflektorisch erregen, zu tiefen Inspirationen, wie schon oben erwähnt wurde.

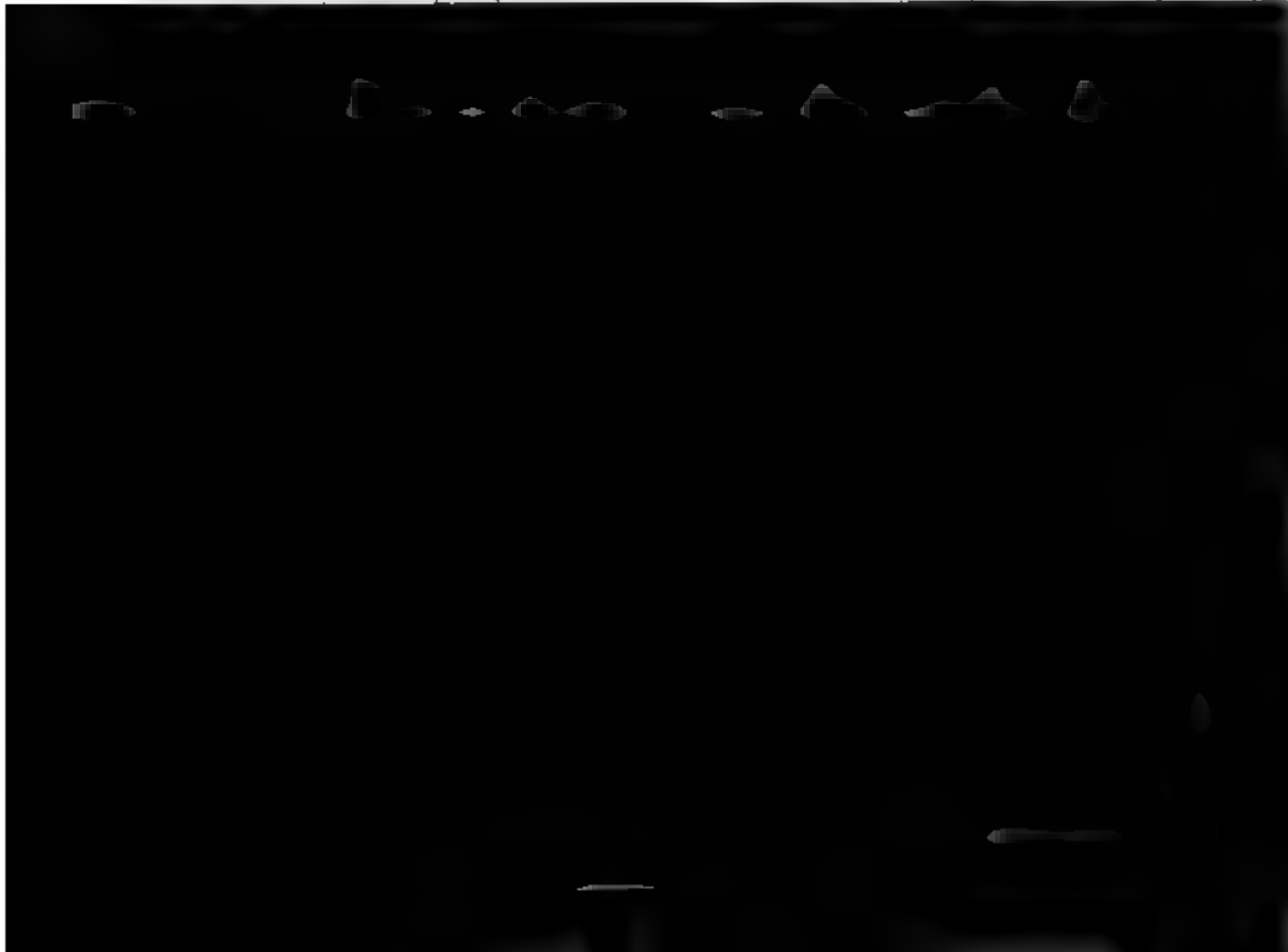
## Koordinirte Bewegungen. Die Grosshirnganglien.

Aus dem, was wir bisher kennen gelernt haben, geht hervor, wie vielfältig die Verbindungen der einzelnen Centralorgane des Nervensystemes untereinander sind, wie verwickelt die Leitungsbahnen, die ein Reizzustand im Rückenmark und noch mehr im Gehirne zu durchlaufen hat.

Die besprochenen Thatsachen setzen vor Allem Verbindungsfasern zwischen den einzelnen Ganglienzellen — intercentrale Fasern — voraus. Auf ihrer Anwesenheit beruht die Möglichkeit der Reflexe, welche uns zu der oben gemachten Annahme zwingen, dass die den Reflexen vorstehenden Ganglienzellen im Rückenmarke und Gehirne mit einander in wechselweiser Verbindung stehen, so dass von einer Reizstelle aus durch verstärkten Reiz endlich die Muskeln des ganzen Organismus in Aktion versetzt werden können. Es veranlasst uns die schon mehrfach besprochene Thatsache, dass auf einen Willens- oder Reflexreiz meist nicht ein Muskel allein zuckt, sondern eine Combination von

Muskelcontractionen zu einer für den Organismus zweckmässigen Gesamtbewegung erfolgt, eine nähere Verbindung der motorischen Centren stimmte, einzelne Bewegungsgruppen anzunehmen. Man net diese zu einem einheitlichen Zwecke für den Organismus gewöhnlichen eintretenden Bewegungen als koordinirte Bewegungen. cher Weise wir uns diese nähere Verbindung der Bewegungscentren zellen Muskeln, wodurch koordinirte Aktionen möglich werden. zu haben, ist noch nicht völlig klar. Wir haben schon bemerkt, dass sich Zustand im Rückenmarke und wohl auch im Gehirne zuerst und am lei auf die der gereizten zunächst gelegenen Ganglienzellen verbreitet. Wir uns darnach den Grund der gleichzeitigen Erregung in einem Nahelie einer engeren Verknüpfung der betreffenden Centralorgane bedingt. Die Ursachen der koordinirten Bewegungen hängen sicher auf das lang den Ursachen der auf einen bestimmten Reiz mit Bestimmtheit eintretenden Reflexbewegungen zusammen. Wir haben dort die Annahme gemacht, dass gewisse Erregungsbahnen, welche öfter betreten wurden, einen geringeren Zustand der Erregung darbieten als andere, welche die Erregung bisher gewählt hat. Auch die Koordination gewisser Bewegungen kann sonache sein, sie wird verfeinert oder beschränkt durch Uebung (cf. unten S. 997).

Wir dürfen nicht glauben, dass ein solches Wegsamwerden gewisser Erregungsbahnen eine Erscheinung wäre, für welche wir nicht Analogie in anderen Gebieten der Physiologie besitzen. Ich erinnere hier daran, dass der gleiche Reiz der Muskelnerven bei den erstmaligen Wiederholungen den zu grösseren Leistungen antreibt, so dass offenbar die Hemmung der Bewegung weniger stark ist, wenn die Bewegung schon ein- oder mehrmal erfolgt war. Die Hemmung der Bewegung nimmt dadurch, dass sie öfter durchgeführt wird, anfänglich an Stärke ab; später, wenn wahre Ermüdung eintritt, nimmt sie dagegen wieder zu, bis bei dem Maximum ihrer Intensität jeder Reiz schwach ist, Bewegung auszulösen. Diese Erholung der Beweglichkeit





zwischen Vierhügeln und kleinem Gehirn, so fängt der Frosch nach einiger Zeit an selbst zu kriechen an (VOLKMANN), wahrscheinlich in Folge einer Reizung an der Schnittwunde aus. Der tiefer geführte Schnitt hebt diese Fähigkeit der automatischen geordneten Ortsbewegung auf. Doch scheinen Koordinationscentren für die geordneten Bewegungen des Gesamtkörpers ausser im Kleinhirn auch im Mittelhirn (Brücke, Pedunculi, Corpus striatum, Sehhügel, Vierhügel) und in der Medulla oblongata zu liegen, da experimentell eingeleitete Verletzungen aller dieser Organe Zwangsbewegungen (MAGENDIE, SCHIFF A.) hervorrufen. Man bezeichnet mit diesem Namen verschiedene krampfartige, ungewöhnliche Ortsbewegungen des Körpers oder Versuche zu solchen, namentlich Wälz- und Rollbewegungen um die Längsaxe des Körpers, sowie Reithahnbewegungen, bei denen die Fluchtversuche das verletzte Thier nach Beschreibung einer Kreisbahn wieder an den Ausgangspunkt zurückführen. Liegt das Thier auf dem Boden, so dreht es sich wohl auch wie der Zeiger einer Uhr um seine Hinterbeine. Auch krampfhaftes Vor- und Rückwärtseilen kommt vor. Rollbewegungen, und zwar meist von der gesunden Seite nach der verletzten, treten ein nach Durchschneidung des mittleren Kleinhirnstiels einer Seite oder eines Seitentheils der Brücke. Die Bewegung hört auf, wenn eine entsprechende Verletzung auf der anderen Seite angebracht wird. Nach der gesunden Seite erfolgt die Drehung nach Verletzung eines Sehhügels oder Hirnschenkels. Diese letzteren Verletzungen bewirken jedoch auch Reithahnbewegung, welche beim Frosch auch nach der Ausschneidung eines Lobus opticus erfolgt. Vorwärtsbewegung tritt beim Kaninchen ein, wenn nach Entfernung der Grosshirnhemisphären beide Streifenhügel ausgeschnitten werden. NOTHNAGEL bezeichnet den nach ihm ganz nahe dem freien Ventrikel zugekehrten Rand liegenden Abschnitt des Streifenhügels, dessen Verletzung Vorwärtsbewegungen veranlasst, als: Nodus cursorius, Laufknoten. Exstirpation des Kleinhirnes bewirkt in manchen Fällen Rückwärtsbewegung, in anderen Störung in der Erhaltung des Gleichgewichts (R. WAGNER). Es ist nicht entschieden, ob diese Zwangsbewegungen Folgen der Reizung oder der Lähmung eines nervösen Centralorgans der Koordination oder nur bestimmter leitender Organe sind. Am wahrscheinlichsten erscheint es, dass eine Anzahl dieser Bewegungen in halbseitigen Halb-Lähmungen der Muskeln ihren Grund haben, welche die Aktionen der unge-lähmten Seite überwiegen lassen, andererseits könnte freilich auch eine abnorm starke Aktion der kranken Seite durch Ueberreizung angenommen werden. Ueberdies sind die angeführten Erfolge keineswegs vollkommen konstant.

Neben den koordinirten Bewegungen stehen die associirten Bewegungen, Mitbewegungen und Mitempfindungen, welche keine Zweckmässigkeit der Zusammenwirkung erkennen lassen. Die Mitbewegungen (z. B. Stirnrunzeln bei starker körperlicher Anstrengung) können durch den Willen unterdrückt werden. Mitempfindungen, wie z. B. Kitzel im Kehlkopf bei Reizung des äusseren Gehörorgans oder umgekehrt, sind vom Willen unabhängig.

Ueber die verschiedene Funktion der Ganglien der Haube und der Ganglien des Fusses des Hirnschenkels (MEYNER) war oben (S. 967, 974) ausführlich die Rede. Die Ganglien der Haube (Sehhügel, Vierhügel, innerer Kniehöcker) vermitteln die combinirten Bewegungen, die als unbewusst reflektorische durch

KÖHNIGER ER DURCH DIE STÄRKESTE INDUKTIONSSYSTEME BEI EINER MOTORISCHEN  
vorrufen. Bei Reizung der Oberfläche des Streifenhügels sah er  
Pleurothotonus mit vorwiegender Action der Flexoren eintreten;  
der Oberfläche der Vierhügel Pupillenerweiterung mit Opisthotonus  
der Kleinhirnoberfläche an verschiedenen Punkten brachte  
Augenstellungen hervor. F. LUSANA und A. LEMOIGNE finden, dass die  
liche Schicht des Sehhügels in Beziehung zur Sehfunction steht  
störung dieser Schicht erblinde das entgegengesetzte Auge; auch in  
Hügeln wollen sie Centren für die Gesichtswahrnehmung gefunden  
NOTHNAGEL findet das Kleinhirn durch mechanische Reize motorisch  
B. DANILEWSKY JUN. beobachtete, dass bei schwacher electricischer  
Cauda corporis striati und der nächstangrenzenden Theile  
Substanz die Inspiration verlangsamt und vertieft wird und der  
steigen pflegt, die Pulswellen werden grösser, die Pulsfrequenz nicht

### Leitungswege der Erregung in den nervösen Centralorganen

Für das Gehirn gehen aus der oben S. 964 gegebenen Beschreibung  
Hauptleitungsbahnen hervor.

Eine vollständige Durchschneidung des Rückenmarkes lähmt  
liegenden Körperpartien vollkommen für willkürliche Bewegungen  
dungen. Die Reflexe in dem abgetrennten Rückenmarkstücke bestehen  
aber bestehen, und zwar zeigt es sich, dass die Reflexerregbarkeit  
dem Willensorgane abgetrennten Theile des Rückenmarkes wenigstens  
lich erhöht ist. Von der directen Reizung des Rückenmarkes, oder  
seiner Nervenwurzeln, wurde behauptet, dass dadurch weder Berührung  
Empfindung vermittelt werden können. Da man unter allen Umständen

l DITTMAR) sprechen aber doch für eine directe Reizbarkeit der Vorder- und Hinterstränge.

Nach den Beobachtungen von SCHIFF leitet die graue Substanz des Rückenmarkes sowohl für Empfindung als Bewegung und zwar nach allen Richtungen, dass partielle Durchschneidungen derselben die Leitung nicht stören. Nach halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarkes nimmt das Gefühl auf der gesunden Seite unterhalb des Schnittes ab, auf der durchschnittenen Seite tritt dagegen unter dem Schnitte eine Steigerung der Empfindlichkeit ein. Auch die coordinirten Bewegungen und Reflexe scheinen durch die halbseitige Durchschneidung meist nicht wesentlich gestört, manchmal mehr auf der gesunden Seite als auf der durchschnittenen. Man bezieht diese Beobachtungen auf eine Reizung der Rückenmarksfasern (cf. unten). Gänzliche Durchschneidung der grauen Masse soll die Leitung des Schmerzgefühles aufhören lassen, obwohl die Erregung durch Tastempfindungen noch ungestört fortbesteht. Die weissen Stränge des Rückenmarks sind in ihrer Leitungsfähigkeit verschieden. Die Hinterstränge stehen der sensiblen, die Vorderstränge der motorischen Leitung vor. Das Leistungsvermögen der seitlichen Stränge des Rückenmarkes ist ein gemischtes.

Nach den Untersuchungen SETSCHENOW's scheinen wir die Annahme des allseitigen Leistungsvermögens der grauen Substanz wenigstens für das Froschenmark modificiren zu müssen. Er zeigte nämlich vor Allem, dass der am angegebenen Erfolg der halbseitigen Rückenmarksdurchschneidung am leichtesten unverletzten Frosche sich ganz anders gestaltet als am geköpften Thiere, welchem nach der Theorie SCHIFF's die Verhältnisse die gleichen sein sollten.

Ergebnisse sind nach SCHIFF verschieden, je nach dem Orte, an welchem das Gehirn vom Rückenmark abtrennt. Schneidet man gleich unterhalb der Rautengrube durch, an der Grenze zwischen verlängertem Mark und Hintermark, so verschwindet die Fähigkeit der Reflexverbreitung von der Hintermark auf die vordere Extremität, wenn das Rückenmark halbseitig durchschnitten ist, auf der durchschnittenen Seite. Bei Reizung der vorderen Extremitäten kommen sehr häufig auf der durchschnittenen Seite Reflexbewegungen der hinteren Extremitäten zu Stande. Ganz regelmässig wird dieser Erfolg, wenn man etwa in der Mitte der Rautengrube, also etwas höher den köpfenden Schnitt führt. Geht man mit dem Köpfen noch etwas höher zwischen Vierhügel und kleines Gehirn, so hindert die halbseitige Rückenmarksdurchschneidung die allseitige Ausbreitung der Reflexe nicht mehr. Somit umschliessen die zwei Querschnitte, welche das verlängerte Mark und das kleine Gehirn in sich fassen, die unteren Grenzbezirke, wohin die von hinten nach vorn sich fortpflanzende motorische Erregung bei Fröschen mit halbseitig durchschnittenem Rückenmark gelangen muss, um von hier aus auf die motorischen Bahnen aller vier Extremitäten übertragen zu werden.

Es ist dieselbe Hirnschicht, welche auch die Coordinationscentren der vier Extremitäten in sich einschliesst (cf. oben). Diese Thatfachen zeigen, dass auch für das Zustandekommen der coordinirten Bewegungen Centralorgane existiren, so dass wir uns denken können, dass durch einen einfachen Reizanstoss das betreffende Organ der Bewegung in Thätigkeit versetzt werden kann, ohne dass willkürlich jeder einzelne der betheiligten Muskeln zur

Contraction angeregt werden müsste. Es bestätigt diese Beobachtung der Coordinationscentren die schon ausgesprochene Vermuthung, dass die für gleichzeitig auf einen Reiz eintretende Bewegungen sich nahe geleitet werden, damit sich der Reizzustand von dem einen auf das andere leicht breiten könne.

SETSCHENOW folgert aus seinen Beobachtungen die Anwesenheit verschiedenen Reflexbahnen. Eine für die Verbreitung der Reize der vorderen Extremität auf die hintere, und eine andere, welche den umgekehrten Weg zu ermöglichen hat. Sie sind nicht identisch, da nur die eine durchschnittene Stelle des Rückenmarkes zu umgehen vermögen, die andere niemals thun, also in ihrem Verlaufe nach vorn in der entsprechenden Rückenmarkshälfte bleiben. Ausser diesen beiden Wegen hat die Rückenmark noch besondere Hauptleitungswege der Empfindungsreize, welche erst in den Coordinationscentren der vier Extremitäten endigen. Nur wenn diese unverletzt vorhanden sind, können als Reflexe wirklich normale Leistungen des Gesamthieres (z. B. Kriechen) erfolgen.

J. BERESIN behauptet, dass die rein sensiblen und reflektorischen Bahnen der Froschhaut verschiedene seien. Die Hautnerven der hinteren Extremität des Frosches sind in drei Spinalwurzeln angeordnet. Die am meisten hinten liegende ist am dicksten, die vorderste am dünnsten. Diese dünnere Wurzel soll direct dem Gehirne die sensible Erregung zuleiten. Bei Reizung hin bewegt sich der Froschkopf, ohne dass sonst auf dem Wege reflektorische Bewegungen ausgelöst werden. Die Reflexe verschwinden bei gelähmten Thieren, wenn die beiden anderen Wurzeln durchschnitten sind, während allein erhalten ist. Solange das Gehirn unverletzt ist und mit dem Rückenmark zusammenhängt, erregt auch die vorderste Wurzel Bewegungen, welche verschwinden, wenn das Gehirn unter den Hemisphären abgetrennt wird, dass die fraglichen Fasern demnach in den Hemisphären ihr Ende finden.

In der Medulla oblongata sind die Bahnen der Erregung sehr verschiedenartig angeordnet. Im Gehirn befinden sich nach S. 966 (S. 966) verschiedene

folgendermassen aus: die willkürlich motorischen und bewussten sensitiven Vorgänge bleiben während ihres Verlaufs nicht sämmtlich auf der Seite, auf welcher sie erregt wurden, sondern überschreiten an irgend welchen Stellen die von vorn nach hinten durch die des Rückenmarks gelegt gedachte Ebene (VAN DEEN, BROWN-SÉQUARD, TÜRK, v. BEZOLD.). Durchschneidet man das Rückenmark bei einem lebenden Frosch bis zur Mittelebene, so ist das Bein auf der Schnittseite unvollkommen gelähmt, dagegen ist seine Empfindlichkeit (Reflexreizung) gesteigert, während die Empfindlichkeit auf der unverletzten Seite vermindert ist (TÜRK). Diese und die oben angeführten Versuchsergebnisse, welche lehren, dass nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung auf der verletzten Seite in Theilen, deren Nervenwurzeln nicht zu nahe am Schnitt entspringen, noch willkürliche Bewegung und Geistesverhältnissmässig wenig beeinträchtigt existiren, beweisen, dass mögliche Leitungswege Empfindung und Bewegung von der einen Rückenmarkshälfte unter- und oberhalb der gelegten Schnittwunde auf die verletzte Seite herüberführen. Es kann daraus aber keineswegs behauptet werden, dass alle nervösen Leitungsbahnen im Rückenmark sich kreuzen. Hat man das Rückenmark bei Fröschen der Länge nach getheilt, wobei man die Kommissuren vollständig zerstörte, ohne dass volle Lähmung der Glieder beobachtet wurde. Es gibt auch Leitungsbahnen, welche auf derselben Rückenmarkshälfte von der Peripherie bis zum Gehirn verlaufen, andererseits findet sich Kreuzung eines Theiles der Bahnen, und zwar sowohl in der weissen als in der grauen Substanz, welche, wie wir unten sehen werden, äusserst reiche und verschieden gerichtete nervöse Verbindungen zwischen den Elementen des Rückenmarks herstellt. Damit stimmen auch die Ergebnisse der Reflexversuche gut überein. Einfluss der Beobachtungen SETSCHENOW's u. A. auf die Lehre von der Kreuzung der Rückenmarksfasern ergibt sich aus dem oben Gesagten. — Die bisherigen physiologischen Beobachtungen über die Leitungswege im Rückenmark bieten offenbar nur Bruchstücke des vollen Sachverhaltes dar.

## Chemische Lebensbedingungen der nervösen Centren.

Die nervösen Centralorgane stehen unter denselben Einflüssen chemischer Lebensbedingungen wie die übrigen Organe. Ihre normale Functionsfähigkeit ist zunächst gebunden an eine genügende Aufnahme von Sauerstoff und Abfuhr und Neutralisation der Zersetzungsprodukte des Gewebes, vor Allem der Kohlensäure und der bei der Thätigkeit der nervösen Centralorgane in grösseren Mengen sich bildenden fixen Säure durch die Blutcirculation, daher kommen wir bei Anämie, Gehirnstörungen, Geistesstörungen eintreten. Die allgemeineren chemischen Lebensverhältnisse des Nervengewebes haben schon oben Cap. II und III und 27 Darstellung gefunden. Bei den nervösen automatischen Centren wurde zunächst die Frage aufgeworfen, welche innere Veränderung des Gewebes als Reiz für die automatische Erregung anzusehen sei. Es stiess uns diese Frage schon mehrmals auf, z. B. bei der Entscheidung darüber, was als Reiz für die Athemcentren, oder für die peripherischen Centren der Muskelbewegung angesprochen werden müsse. Gewöhnlich glaubte man bisher, dabei nur die Frage berücksichtigen zu müssen, ob die Erregung durch Sauerstoffmangel oder durch Kohlensäureanhäufung im Blute, resp. im Gewebssaft der betreffenden Organe geschehe. Beide Annahmen lassen sich, wie wir sahen, Gründe darbringen. Man darf hier aber nicht vergessen, dass die venöse Veränderung des Blutes wie in anderen Geweben, so auch im Gehirn nicht nur in einer Verarmung an Sauerstoff und einer Bereicherung an Kohlensäure besteht, es mischen sich auch andere Gewebsschlacken dem Blute bei, die sich zum Theil als indifferent für die Centralorgane erweisen. LATSCHENBERGER constatirte, dass »überhitztes Blut und Blut erstickter Thiere als Reiz auf das Athemcentrum wirke. Ob die Kohlensäure ein nervöser Reiz aufgefasst werden darf, machen meine direct darauf gerichteten Versuche ziemlich unwahrscheinlich. Kohlensäure scheint nach meinen Beobachtungen, abgesehen von Ammoniak, die einzige direct im Stoffwechsel entstehende Substanz, welche so-



wohl Nervencentren (Ganglienzellen), als Nervenfasern in ihrer normalen Erregbarkeit von vorn herein herabsetzt und die der ersteren sehr bald vernichtet. Als directen Reiz werden wir also wohl andere Stoffwechselprodukte zu denken haben, und es wurde schon oben auf die bei ihrer Thätigkeit in den Centralorganen entstehende fixe Säure als Reiz für die Ganglienzellen resp. ihre Fasern hingewiesen.

Ich habe einige der häufigsten Stoffwechselprodukte auf ihre Einwirkung auf die nervösen Centralorgane untersucht, sie lassen ganz eigenthümliche, spezifische Wirkungen erkennen. Spritzt man verdünnte Lösungen von Traubenzucker, Harnstoff (STAEDELER u. A. haben im Gehirn Harnstoff nachgewiesen) oder Hippursäure in 0,7% Kochsalzlösung in die Blutgefäße eines lebenden Frosches ein, so zeigen die peripherischen Nerven und die Muskeln kaum eine Alteration ihrer normalen Lebesenseigenschaften. Dasselbe ist von den nervösen Centralorganen bei Einspritzung der Zuckerlösung zu sagen. Dagegen zeigen Harnstoff und Hippursäure, aber in verschiedener Weise, deutliche Einwirkung auf gewisse nervöse Centren. Bei Einspritzung verdünnter Lösungen von Harnstoff und Hippursäure sehen wir bei sonst normalen Fröschen die Reflexe verschwinden. Schneidet man nun rasch das Rückenmark durch, so kehren die Reflexe für den Rumpf zurück. Durch verschiedene Durchschneidungsversuche konnte ich die Wirkung des Harnstoffs und der Hippursäure als lokalisiert auf das SERSCHWITZsche Reflexhemmungscentrum nachweisen. Spritzt man die verdünnte Lösung der beiden Stoffe in 0,7% Kochsalzlösung enthirnten Thieren ein, so verhalten sie sich vollkommen indifferent, die Muskel- und Nervenirregbarkeit, die Reflexirregbarkeit zeigen keine bemerklichen Aenderungen. Hat man dagegen die Einspritzung bei Thieren mit unversehrten nervösen Centralorganen gemacht, so geht, und zwar bei Harnstoff rascher als bei Hippursäure, die Reizung des Reflexhemmungscentrums in eine Lähmung der gesamten Reflexmechanismen des Rückenmarks über, so dass dann nach Durchschneidung des Halsmarks die Reflexe nicht wieder eintreten, obwohl Muskeln und Nervenstämme (sowie das Rückenmark auf mechanischen Reiz) noch gut erregbar bleiben. Dabei fand ich bei der Hippursäure auch eine directe Einwirkung auf die Reflexmechanismen im Rückenmark; sie hebt die durch eine vorausgegangene sensible Einwirkung in den Reflexapparaten gesetzte Reflexreizung auf, ohne ihre Reflexirregbarkeit selbst merklich zu verringern.

Kalisalze, Kohlensäure (?), gallensaures Natron wirken, wie es scheint, auch zuerst erregend auf das Reflexhemmungscentrum, führen aber sehr rasch eine Lähmung der peripherischen Reflexmechanismen und des ganzen Rückenmarks herbei, wie sie analog lähmend und die Erregbarkeit herabsetzend auch auf die peripherischen Nerven und Muskeln wirken.

Die Reihe der untersuchten Stoffe ist noch gering, doch geht schon aus den bisher beobachteten Wirkungen derselben hervor, dass der Organismus sich selbst Reize der verschiedensten Art producirt, dass eine Reihe von Lebenserscheinungen, eine Anzahl von Veränderungen der Functionen, z. B. von Hemmungsvorrichtungen auch der nervösen Centralorgane auf wechselnden, chemischen Veränderungen des Inhalts ihrer Zellen beruhe. Merkwürdiger Weise verhalten sich unter Umständen Stoffe (z. B. Harnstoff, Hippursäure) gegen alle Organe direct indifferent, mit Ausnahme einer einzigen Zellengruppe im Gehirn (Reflexhemmungscentrum), von wo aus sie aber ihre Einwirkung auch auf andere Organe (z. B. peripherische Reflexmechanismen) entfalten können. Eine chemische Ursache, die nur auf ein einziges entferntes Organ einwirkt, kann somit der Grund für Umänderungen der Lebesenseigenschaften einer ganzen Reihe anderer Organe werden.

Ueber den Wechsel der chemischen Vorgänge in den nervösen Centralorganen bei Ruhe und Thätigkeit liegen bis jetzt zwei bemerkenswerthe Angaben vor. Bei andauerndem Reizungszustande nehmen dieselben bei Fröschen eine saure Reaction von einer fixen Säure an, während sie im Zustande der Ruhe neutral (schwach alkalisch?) reagiren (FUNKE, J. RANKE). Weiter beobachtete ich, dass bei Fröschen durch andauernde Thätigkeit der Gesamtwassergehalt der nervösen Centralorgane abnimmt. Der Grund dafür liegt darin, dass normal wenigstens die graue Nervenmasse wasserreicher ist als das Blut.

Wird namentlich durch die bei der Thätigkeit des Organes sich ausbildende saure Reaktion das Imbibitionsvermögen der grauen Masse gesteigert (S. 132), so dringen aus dem concentrirteren Blute nach dem Gesetz der Osmose feste Stoffe in die graue Substanz ein und man beobachtet dann eine annähernde Ausgleichung im Wassergehalt zwischen Blut und grauer Gehirns substanz. Bei den Diffusionsvorgängen wechseln vor Allem die krystallisirbaren Substanzen organischer und anorganischer Natur ihren Ort; es werden also aus dem Blute vor Allem die krystallisirbaren Zersetzungsprodukte der Gewebe in die graue Gehirnmasse einbringen und hier die ihnen zukommenden, zum Theil oben beschriebenen, Wirkungen entfalten. Bei einem krankhaft (im Fieber) oder durch übermässiges Essen oder aufreibende Muskelthätigkeit vermehrten Gehalte des Blutes an Harnstoff, Hippursäure, gallensauren Salzen (Icterus) und vor Allem an Kohlensäure und phosphorsaurem Kali, einem Hauptstoffwechselprodukt der Gewebe, werden diese Stoffe ihre physiologische Wirkung auf die nervösen Centralorgane entfalten müssen. Die für die genannten Zustände charakteristischen Alterationen in der Funktion der nervösen Centralorgane erklären sich daher schon jetzt zum Theil aus der Anwesenheit der genannten Stoffe in den nervösen Geweben. Die krankhaften Erregbarkeitsveränderungen der nervösen Centralorgane im Allgemeinen erklären sich zum Theil wie die physiologischen theils aus dem Auftreten einer fixen Säure, welche in geringen Quantitäten die Erregbarkeit vermehrt [auch durch Einwirkung auf die electromotorische Kraft der betreffenden Gewebe], bei gesteigerter Anhäufung aber lähmend wirkt. Jede Veränderung des Wassergehaltes, sowohl Ab- als Zunahme, jede mechanische sowie die meisten chemischen Alterationen wirken ganz in dem gleichen Sinne, erhöhen zuerst die Erregbarkeit und schwächen, resp. vernichten sie in der Folge. Der ärztlichen Forschung steht zur näheren Feststellung dieser Verhältnisse noch ein reiches Gebiet der Thätigkeit offen.

**Die Cerebrospinalflüssigkeit** reagirt alkalisch, ist sehr arm an festen Bestandtheilen und ohne spontane Gerinnungsfähigkeit. Die festen Bestandtheile stimmen im Allgemeinen mit denen aller nervösen Flüssigkeiten überein. Ausserdem findet sich ein zuckerähnlicher Körper (HOPPE-SEYLER u. A.), nach C. BERNARD wahrer Zucker. In der Flüssigkeit eines Hydrocephalus acutus fand C. SCHMID 1,320/0 feste Stoffe und darunter eine reichliche Menge von Kalisalzen.

Hier sind noch die **Circulationsverhältnisse** der nervösen Centralorgane, namentlich des Gehirnes, zu erwähnen. Die normale Thätigkeit dieser Organe ist, wie wir sahen, von dem normalen Fortgang der Circulation des Blutes in ihnen in hohem Maasse abhängig. Die Folgen der Anämie, der venösen Stauung im Gehirn wurden oben angedeutet; gegen jede Veränderung des Blutdrucks, sowohl Ab- als Zunahme (Anämie und Hyperämie), ist das Gehirn empfindlich. Es sind Vorrichtungen vorhanden, den Blutdruck im Gehirn und Rückenmark möglichst konstant zu erhalten. Der Circulus Willisii schützt, indem sich in ihm die vier grossen Hirnarterien verbinden, das Gehirn vor plötzlicher Unterbrechung oder Schwächung der Circulation, z. B. durch Kompression oder Verschluss eines der zuführenden Gefässe. Die blutreiche Schilddrüse stellt (LIEBERMEISTER) ein Blutreservoir dar, welches Blutdruckveränderungen im Gehirne verhindert, welche vor Allem beim Aufrichten aus horizontaler Lage eintreten könnten und bei sehr raschen Stellungsveränderungen auch trotzdem eintreten. Die Schilddrüse wirkt dabei als selbststeuerndes Ventil für die Blutzufuhr; indem sie bei stärkerer Blutcongestion gegen den Kopf anschwillt, komprimirt sie mehr und mehr die Carotiden, und kann sie unter Umständen, z. B. bei sehr gesteigerter Muskelanstrengung sogar pulslos machen (GUYON, MAIGNIEN). Den gewöhnlichen vom Herzen und von der Athmung ausgehenden Druckschwankungen scheinen die Gehirngefässe der Erwachsenen normal nicht unterliegen zu können. Ihnen entsprechend sehen wir aber das bekannte Pulsiren des Gehirnes bei neugeborenen Kindern mit offenen Fontanellen, dasselbe tritt nach Abfluss der Cerebrospinalflüssigkeit oder Trepanation des Schädels bei Erwachsenen ein. Das Gehirn füllt mit dem Liquor cerebrospinalis die Schädelkapsel vollkommen aus, so dass, da diese

tritt des Schlafes bei künstlicher chemischer Veränderung des Blutes, z. B. Alkoholeinführung. An den von J. RANKE entdeckten Ermüdungsstoffen Nerven hat W. PREYER auch schlafmachende Wirkungen beobachtet. Name Natron, subcuta injicirt oder vom Magen aus (auch saure Milch, concentrirte sollen Schlaf machen. Automatische und reflektorische Thätigkeiten haben Fortgang. Der Stoffwechsel scheint etwas vermindert. Während des Schlafes Anämie des Gehirns vorhanden sein. Der Schlaf tritt ein, wenn keine oder sensible Erregungen von aussen her dem Gehirn zugeleitet werden. (Die cf. oben S. 807). E. HEUBEL erklärt das Experimentum mirabile KIRCHER's für bedingt durch Einschlafen des mittelst sanften Drucks auf den Thiere (Hühner, Tauben, aber namentlich leicht nachweisbar bei Fröschen) Zustand des Gehirns ist von der Erregung der Empfindungsnerven abhängig, dem Rücken gelangen zum Gehirn Tastempfindungen nur von der Rücken Tastempfindung am wenigsten entwickelt ist.

## Die Nerven und der Bau der nervösen Centralorgane

Der Faserverlauf im Gehirn hat oben S. 964 nach MEYNER Darstellung gefunden. Die physiologisch-anatomischen Erfahrungen im Zusammenhang der Nervenfasern und Ganglienzellen an Gehirnmark, sowie über den Faserverlauf im Rückenmark, sollen an die besprochen werden. Die gröberen anatomischen Einzelheiten wie im Vorstehenden als bekannt voraus.

**Neuroglia.** In den nervösen Centralorganen werden die Nervenfasern getragen durch eine zarte, spongiöse Bindesubstanz. der Bindesubstanz in den nervösen Centralorganen ist wichtig,

von derselben abgehenden Bälkchen zeigt den Bau eines zarten, gewöhnlichen fibrillären Bindegewebes, einzelne elastische Fasern finden sich eingegert, sowie zellige Elemente mit deutlichem Kern und zuweilen verzweigten Ausläufern. An den äusseren Grenzen der Bälkchen, in unmittelbarer Nähe der longitudinalen Lücken findet sich eine feinkörnige oder nach WALTHER structurlose Substanz, modificirtes Bindegewebe, welche sich zwischen die in den Lücken des Balkennetzes meist vertikal verlaufenden Nervenfasern einschiebt und dieselben gleichsam mit Scheiden umgibt. In der Grundsubstanz verlaufen nach allen Richtungen ausserordentlich feine elastische Fasern, welche sich netzartig durch einander schieben. Auch diese eigentliche Neuroglia schliesst Bindegewebszellen ein, die an verschiedenen Stellen verschieden dicht liegen. Sie zeigen alle Uebergänge vom protoplasmalosen Zellkern bis zur reichlich verästelten Bindegewebszelle. Die Hinterstränge des Rückenmarks sind etwas reicher an Bindegewebe als die sich hierin ziemlich gleich verhaltenden Vorder- und Seitenstränge, welche letztere nur da, wo sie an die graue Substanz ansetzen, etwas mehr davon erkennen lassen. Die Neuroglia der grauen Rückenmarksmasse hängt mit der der weissen continuirlich zusammen, sie zeigt im Allgemeinen das zuletzt geschilderte Verhalten. Die Ausläufer ihrer Zellen sollen mit fadenförmigen Ausläufern der Epithelzellen des Centralkanals zusammenhängen (BIDDER, KUPFER, CLARKE u. A.), nach GOLGI treten Ausläufer der Zellen in ziemlicher Zahl an die Gefässwände. Auch im grossen und kleinen Gehirn zeigt das Bindesubstanzgerüst eine analoge Anordnung und Bau wie im Rückenmark. Die verästelten Zellen der Bindesubstanz der nervösen Centralorgane haben oft Veranlassung zu Verwechselungen mit Nervenzellen gegeben. Die grösste Zahl der verästelten Bindegewebszellen finden sich direct auf der Oberfläche des Gehirns (GOLGI).

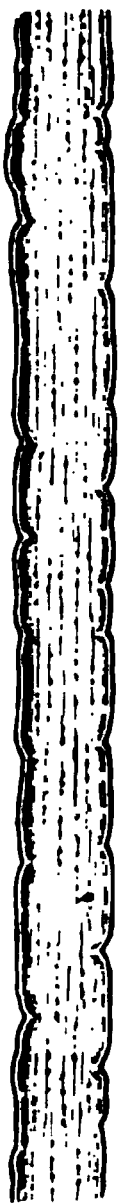
Nach O. DEITERS wären nur diejenigen Zellen als eigentlich nervös anzusehen, welche mit unzweifelhaften Nervenfasern zusammenhängen. Doch neigt sich DEITERS dazu, die bindegewebigen Elemente nicht so absolut von den nervösen zu trennen, als wäre dadurch, dass man ein Gebilde für Bindesubstanz erklärt, sein möglicher Zusammenhang mit den nervösen Functionen des Organes schon abgeschnitten. Erinnern wir uns nur daran, dass bei den äusseren Sinnesapparaten sich als Endorgane der Nerven Gebilde finden, welche wie die Stäbchen und Zapfen der Retina, die Corti'schen Fasern der Schnecke offenbar auch als nicht rein nervöser Natur betrachtet werden müssen. Die Untersuchung der Bindesubstanz der Centralorgane ist noch zu wenig vollständig, als dass wir schon jetzt mit aller Sicherheit die vollkommene Abwesenheit ähnlicher, in ihnen gelegener, innerer centraler Sinnesapparate behaupten könnten.

In die Neuroglia sind die unzweifelhaft nervösen Elemente der Centralorgane eingelagert, die Nervenfasern und Nervenzellen.

**Die Nervenfasern** (cf. oben Cap. XX). Die einfachste Form aller im Organismus sich findenden Nervenfasern (M. SCHULTZE) stellen die Nervenprimitivfibrillen dar, es sind fast unmessbar feine Fäserchen, welche massenhaft in den Centralorganen und in der Nähe der peripherischen Enden der Nerven vorkommen, eine innere Structur ist an ihnen nicht mehr nachzuweisen, sie gehen direct aus dickeren Nervenfasern hervor. In den Centralorganen findet sich

sehr verbreitet eine zweite Faserart, welche sich von der ersten wesentlich durch grössere Dicke unterscheidet: die nackten Axencylinder, nach M. SCHULTZE: Primitivfibrillenbündel. Chemisch weisen sie einen Gehalt an Eiweissstoffen auf, mikroskopisch eine Zusammensetzung aus Primitivfibrillen, verbunden durch eine körnige Zwischenmaterie. Am deutlichsten zeigt sich diese Structur an den dicken verästelten Fortsätzen grösserer centraler Ganglienzellen und an deren Axencylinderfortsätzen. Sowohl die einzelnen Primitivfibrillen, wie die Fibrillenbündel können eine Markscheide an ihrer Oberfläche erhalten, wodurch wieder neue Formen, sogenannte dunkelrandige Nerven, gebildet werden.

Fig. 254.



Breite markhaltige Nervenfasern frisch aus dem Gehirn des Zitterrochen, in deren Innern sich die Structur des Axencylinders erkennen lässt.

Das Nervenmark, im Leben homogen und fast flüssig, gerinnt nach dem Tode zu einer körnig trüben Masse. Den centralen Nervenfasern ersetzt die Neuroglia (GERLACH) den Mangel einer gesonderten Hülle, bei den markhaltigen Nervenfasern der peripherischen Nerven findet sich dagegen, mit einziger Ausnahme vielleicht des Nervus opticus und acusticus, ausserhalb der Markscheide noch eine bindegewebige Hülle, die SCHWANN'sche Scheide, das Neurilemma, entweder structurlos, mit eingelagerten Kernen, dem Sarcolemma der Muskelfasern entsprechend, oder aus mehreren Schichten faserigen Bindegewebes zusammengesetzt (Fig. 254). Innerhalb der Markscheide zeigt sich bei den dunkelrandigen Nerven als Axencylinder entweder eine einzelne Nervenfibrille oder ein Fibrillenbündel. Die Dicke der Axencylinder kann sehr verschieden sein, ebenso schwankt die Dicke der dunkelrandigen Nervenfasern im Ganzen sehr bedeutend. Eine andere Art von peripherischen Nerven besitzt Axencylinder und SCHWANN'sche Scheide, aber keine Markscheide. Hierher gehören sämtliche Verzweigungen des Olfactorius in der Nasenschleimhaut der Wirbelthiere, auch im Sympathikus finden sie sich häufig, in seinen Eingeweideästen wiegen sie meist vor, man bezeichnet sie als REMAK'sche Fasern.

Wir unterscheiden sonach mit M. SCHULTZE folgende 6 Arten der Nervenfasern:

- 1) Nackte Primitivfibrillen, 2) nackte Primitivfibrillenbündel, 3) Primitivfibrillen mit Markscheide, 4) Primitivfibrillenbündel mit Markscheide, 5) Primitivfibrillenbündel nur mit SCHWANN'scher Scheide (REMAK'sche Fasern, marklose Nervenfasern im Sympathikus, Olfactorius und bei den meisten wirbellosen Thieren), 6) Primitivfibrillenbündel mit Markscheide und

SCHWANN'scher Scheide (die dunkelrandigen Nervenfasern, die Hauptmasse der cerebrospinalen Nerven).

Theilung der Nervenfasern. Sehr gewöhnlich theilen sich die Nervenfasern in der Nähe ihres peripherischen und centralen Endes, in den Nervenstämmen ist die Theilung selten. Mit Ausnahme der Primitivfibrillen, der letzten Elemente der Nervenfasern, kann die Theilung alle Gattungen von Nervenfasern treffen. Die Ausläufer vieler multipolarer Ganglienzellen erscheinen als getheilte und verästelte Primitivfibrillenbündel, auch die mark-



en Fasern des Olfactorius zeigen vielfältige Theilungen. Am bekanntesten ist bisher die Theilung der markhaltigen Fasern, sie entsenden die Zweige entweder dichotomisch oder als einen Busch (Nervenenbusch bei den Muskelnerven) von wieder dunkelrandigen Nervenfasern, alle Bestandtheile der Nervenfasern setzen sich auf ihre Zweige fort. An der Theilungsstelle selbst ist das Nervenmark vermindert, der Nerv erscheint daher hier eingeschnürt, an den Zweigen tritt das Mark wieder mächtiger auf. Die Theilung der brillanten Axencylinder besteht in einer allmählig fortschreitenden Isolation der sie zusammensetzenden Primitivfibrillen (M. SCHULTZE). Die SCHWANN'sche Scheide schwindet an den peripheren Endausbreitungen der Nerven, meist vorher schon die Markscheide, und die Axencylinder zerspalten sich in der Mehrzahl der Fälle endlich in die einzelnen, nun selbständig verlaufenden Primitivfibrillen (M. SCHULTZE), welche sich, wie wir gesehen haben, jede einzelne meist mit einem besonderen Endapparat verbinden. In manchen Fällen (wie bei den Muskelnerven) scheint bis jetzt dagegen der Axencylinder noch als ziemlich dickes Bündel zu endigen.

Die Nervenzellen haben wir, wie die Nervenfasern, bei der allgemeinen Darstellung der Gewebszellen schon besprochen (S. 36, Fig. 40). Hier haben wir noch einiges Specielle nachzutragen.

Der Körper der meisten Ganglienzellen des Rückenmarks läuft, wie a. a. O. erwähnt (über die Zellen der peripherischen Ganglien cf. bei Sympathikus) in eine mehr oder weniger grosse Zahl von Fortsätzen aus, welche sich mannigfach in langen Zügen und oft wiederholten Theilungen verästeln, und in welche sich das Protoplasma ohne Unterbrechung direct hinein verfolgen lässt, und lösen sich zuletzt in unmessbar feine Fäserchen auf. DEITERS nennt diese Fortsätze: Protoplasmafortsätze, M. SCHULTZE: verästelte Fortsätze. Von diesen zeichnet sich ein einzelner, immer unverästelter Fortsatz aus, der entweder von dem Körper der Zelle oder seltener von der Wurzel eines der äusseren Protoplasmafortsätze entspringt: Nervenfasern oder Axencylinderfortsatz, in seinem weiteren Verlauf umgibt er sich mit einer Markscheide. Man findet sich nicht nur an den grossen, sondern auch an den kleinen Ganglienzellen des Rückenmarks, in der Olive, der Brücke, auch an Zellen des grossen Gehirns. DEITERS beschreibt, wie von vielen Protoplasmafortsätzen grösserer und kleinerer Zellen eine Anzahl sehr feiner, leicht zerstörbarer Faser abgehen. Er hält sie für Nervenfibrillen, mit denen sie Ansehen und physikalisch-chemisches Verhalten gemein haben. Sie verästeln sich noch zuweilen. An einigen Stellen im weiteren Verlaufe eine dunkelrandige Contour, die sie als markhaltige Nervenfasern charakterisirt, erkannt werden.

So erscheinen denn diese Ganglienzellen als Centralpunkte für zwei Systeme echter Nervenfasern, einer meist breiteren, immer einfachen und ungetheilten Faser (Fibrillenbündel) und eines zweiten Systemes feinsten Fäserchen, die aus den Protoplasmafortsätzen hervorgehen.

Das Protoplasma der Ganglienzellen erscheint nach M. SCHULTZE in der ganzen Dicke der Zellen feinkörnig und fibrillär (Fig. 255). Der Axencylinderfortsatz zeigt ebenfalls eine fibrilläre Structur, auch die Protoplasmafortsätze bestehen

Fig. 255.



Eine der mittelgrossen Ganglienzellen aus dem vorderen Horn des Rückenmarkes vom Kalb, bei fünfacher Vergrösserung nach kurzer Maceration in Jodserum isolirt. Die Fortsätze sind zum Theil kurz abgerissen, wie die drei unteren mit b bezeichneten; a Axencylinderfortsatz

aus Fibrillen, doch ist bei ihnen die interfibrilläre körnige Masse stärker vertreten. Die Fibrillen der Fortsätze stehen mit den Fibrillen des Zellenprotoplasmas in directem Zusammenhang. Die fibrilläre Structur der Zellensubstanz zeigt sich am deutlichsten in der Rinde der Ganglienzellen, direct um den Kern scheint nur feinkörnige Masse zu liegen. Der Verlauf der Fibrillen innerhalb der Ganglienzellen ist sehr verwickelt. Von jedem Fortsatz treten sie divergirend ein und bilden ein Gewirr sich unregelmässig durchkreuzender Fäserchen (Fig. 255). Bei der Beobachtung der grossen Zellen aus dem Gehirn des Zitterrochens wurde es M. SCHULTZE wahrscheinlich, dass die ganze Fibrillenmasse, welche die Ganglienzellen aufbaut, dieselbe nur durchsetzt. Vielleicht ist also die Ganglienzelle, aus welcher ein Axencylinder entspringt, nur insofern das Anfangsorgan desselben, als ihm die ihn zusammensetzenden Fibrillen auf dem Wege der verästelten Fortsätze der Ganglienzellen zugeführt werden. Die Fibrillen, welche man die Ganglienzellen durchziehen sieht, würden nach dieser Annahme in der Zelle nicht wenigstens) nicht der Mehrzahl nach) ihren Ursprung nehmen, sondern in derselben nur eine Umlagerung erfahren zur Zusammensetzung des Axencylinderfortsatzes und Ueberleitung in andere verästelte Protoplasmafortsätze. Nach der oben gegebenen Darstellung MAYER'S müssten dagegen auch viele Fasern, d. h. Fibrillenbündel, in

den Ganglienzellen enden, andere entspringen, da durch die Ganglien theils Verminderung, theils Vermehrung der Faseranzahl erfolgt.

**Die Ganglienzellen des Gehirnes.** Auch an den Nervenzellen der grauen Substanz des Grosshirns (Hirnrinde) sah GERLACH je einen Axencylinderfortsatz, welcher, ohne sich zu verästeln, direct zur Axenfaser einer markhaltigen Nervenfaser wird, ob alle Nervenzellen dieser Region einen solchen DEITERS'schen Fortsatz haben, lässt er unentschieden. An den Ursprungsstellen der Hirnnerven fand DEITERS selbst den Rückenmarkszellen vollkommen entsprechende Formen. Aus einer Anzahl von Ganglienzellen des Gehirnes sind peripherisch verlaufende Nervenfaser nicht direct ableitbar, z. B. von den retortenförmigen Ganglienzellen in der Rinde des kleinen Gehirnes. Nach DEITERS haben dieselben verästelte Fortsätze und einen unpaaren, der weissen Substanz des kleinen Gehirnes zugerichteten Fortsatz, dieser zeigt nach GERLACH aber auch Verästelungen, so dass er dem Axencylinderfortsatz der Rückenmarksganglienzellen nicht zu entsprechen scheint.

M. SCHULTZE und KÖLLIKER haben deutliche fibrilläre Structur auch an diesen Zellen und ihren Fortsätzen nachgewiesen, ebenso an den Zellen der grauen Rinde des grossen Gehirns. Nach MEYNERT und ARNDT zeigen diese annähernd kegelförmig gestalteten Zellen einen dickeren peripherischen, sich erst später verästelnden (M. SCHULTZE) Fortsatz, von der Spitze der Zelle ausgehend und eine grössere Zahl verästelter Fortsätze, welche gegen die weisse Substanz gerichtet sind. Die Zellen des Pes hippocampi major zeigen ganz analoge Verhältnisse (M. SCHULTZE), GERLACH macht neuerdings, wie wir noch unten besprechen werden, auch für das Rückenmark das Vorkommen von Ganglienzellen ohne Axencylinderfortsatz wahrscheinlich, er konnte einen solchen an den Zellen der CLARKE'schen Säulen niemals auffinden, so dass also auch im Rückenmark zweierlei verschiedene Ganglienzellenformen vorkommen, von denen die eine nur Protoplasmafortsätze besitzt.

Im Gehirne findet sich aber, ausser den geschilderten grösseren, noch eine enorme Anzahl kleinerer Zellen, deren Kerne nur von wenig Protoplasma umlagert wird. Zum Theil senden sie nervöse Fortsätze aus und charakterisiren sich dadurch als wahre Nervenzellen, es scheinen unter ihnen multipolare, bipolare und unipolare vorzukommen. Im kleinen Gehirne bilden sie dicke Lagen, ihre Ausläufer werden zu feinsten Fibrillen.

In der grauen Substanz der Windungen des menschlichen Grosshirns existirt eine doppelte Art des Nervenfaserursprungs (RINDFLEISCH, GERLACH). Die markhaltigen Nervenfaser, welche aus der weissen in die graue Masse des Grosshirns eintreten, verlaufen zu Bündeln geordnet theils radiär bis an die Hirnoberfläche, theils horizontal und bilden ein grobmaschiges Netzwerk, in dessen Lücken die Nervenzellen liegen. Ausser diesen Zellen zeigt sich in den Lücken, ganz dem Befunde im Rückenmark (GERLACH) entsprechend, ein zweites äusserst feines Netz feinsten, nicht mehr markhaltiger Nervenfaser. Nach GERLACH gehen diese feinsten Faser aus den Verästelungen der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen hervor, andererseits entwickeln sich aus diesem Netze breitere und sich bald mit Mark umgebende Nervenfaser, welche dann in das erstgenannte grossmaschige Netz markhaltiger Nervenfaser eintreten. RINDFLEISCH

glaubt, dass zwischen den Anfängen des zweiten feinsten Netzes und den Endigungen der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen eine feinkörnige Masse eingeschoben sei; GERLACH gelang es, die Continuität des feinsten Netzes bis zu den Fortsätzen der Zellen festzustellen. Für die feinsten Nervenfibrillen selbst im Gehirn und Rückenmark, welche nach der gegebenen Darstellung in die Ganglienzellen fertig gebildet eintreten, können wir nach der Hypothese M. SCHULTZE's annehmen, dass wenigstens eine Anzahl von ihnen aus diesen kleinen, zum Theil unipolaren Ganglienzellen hervorgehen. Für einen anderen Theil der Fibrillen wäre vielleicht noch an dem vielfach behaupteten Ursprung aus grösseren Ganglienzellen festzuhalten, und zwar haben wir Angaben, dass ihr centrales Ende in der Zellsubstanz oder im Kern oder im Kernkörperchen zu suchen sei. Eine dritte Fibrillengattung hat nach der Vermuthung M. SCHULTZE's gar kein centrales Ende im Gehirn und Rückenmark, sie entspringen vielleicht an der Peripherie, durchsetzen die Ganglienzellen und kehren auf neuen Bahnen zur Peripherie zurück. Auf ihrem Wege zur Peripherie oder zum Centrum erfahren dann diese Fibrillen, indem sie durch multipolare Ganglienzellen hindurchtreten, neue Umlagerungen und Anordnungen; andere enden oder entspringen in Ganglienzellen. Bipolare Ganglienzellen sind wesentlich nichts anderes als kernhaltige Anschwellungen des Axencylinders.

Die multipolare Ganglienzelle ist also nach M. SCHULTZE vorwiegend ein Knotenpunkt zahlloser, aus den verschiedensten Regionen des Nervensystems stammender Einzelfibrillen. Die Fibrillen der Protoplasmafortsätze verlaufen theils central (zur Zelle), theils peripherisch (von der Zelle weg). Auf der Bahn der Protoplasmafortsätze verlaufen zur Zelle Fibrillen sehr verschiedener Abstammung. Eine Auswahl aus diesen verläuft in ein Bündel zusammengefasst als Axencylinderfortsatz zur Peripherie, die übrigen ziehen auf dem Wege der verästelten Fortsätze andere noch unbekannte Wege.

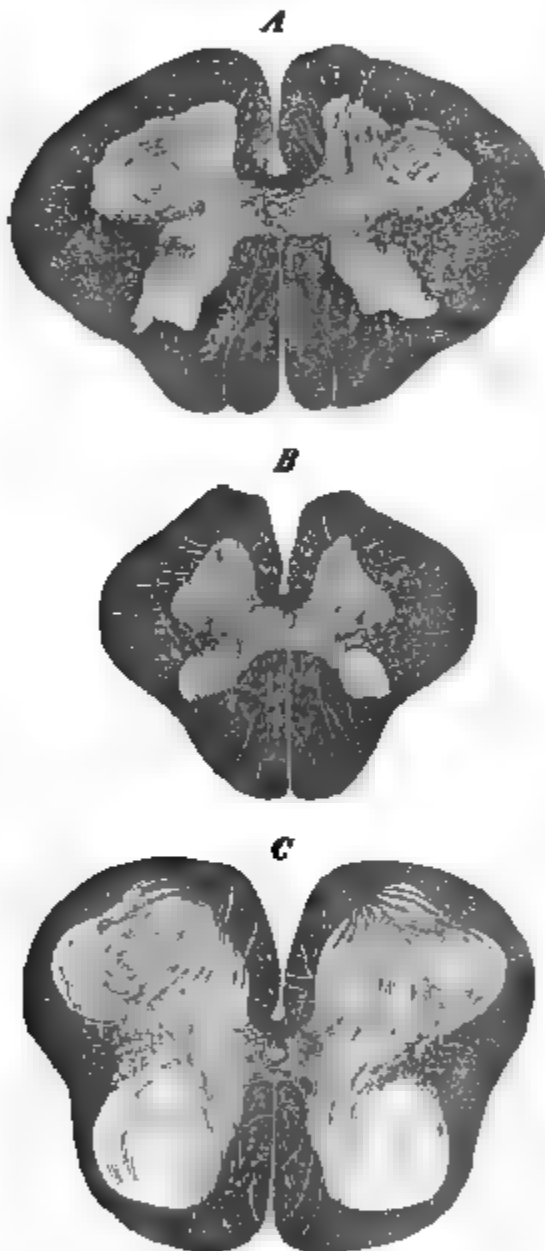
Directe Communication der Nervenzellen durch dickere Fasern kommt nach den Angaben älterer Autoren vereinzelt vor, doch relativ selten; J. CAMM hat dagegen unter KOLLMANN's Leitung aus den Vorderhörnern des Rückenmarks (vom Kalb) solche Verbindungen zahlreich erhalten und sucht das bisherige Misslingen ihres Nachweises nur in der Schwierigkeit der Präparationsmethoden. Das physiologische Postulat des Zusammenhangs der Ganglienzellen unter sich wurde, wie wir unten sehen werden, noch auf eine andere Art gelöst.

**Faserverlauf im Rückenmark.** Bekanntlich sind im Rückenmark die nervösen Elemente im Grossen so angeordnet, dass eine weisse, abgesehen vom Bindegewebe, aus Nervenfasern bestehende Substanz auf dem Querschnitt gleichsam als Rinde einen grauen, die Ganglienzellen enthaltenden Kern umkleidet, welcher, ziemlich in der Mitte vom Centralcanal des Rückenmarkes durchbohrt, von vorn und hinten je zwei graue Fortsätze in die weisse Masse hinein sendet, die als Hörner und zwar als Vorder- und Hinterhörner beschrieben werden (Fig. 256).

Die weisse Substanz des Rückenmarks wird der Länge nach in zwei seitliche Hälften getheilt, welche wieder je in drei Stränge gespalten werden. Die Theilung in Seitenhälften ist eine natürliche, sie entspricht der Fissura anterior, die das Rückenmark spaltet und in welche sich ein Fortsatz der Pia mater einsenkt. Im Grunde der Spalte befindet sich die sogenannte weisse oder vor-

dere Commissur. Die Spaltung der dadurch gebildeten beiden Hälften in weitere Stränge: Vorderstrang, Seitenstrang, Hinterstrang ist eine mehr künstliche. Die Entwicklungsgeschichte kennt nur zwei Stränge, den Vorder- und Hinterstrang, der Seitenstrang gehört grösstentheils zu dem Vorderstrange. Am ganzen Halstheil der Hinterstränge finden sich noch zwei dunklere keilförmige Mittelstreifen: die GOLL'schen Keilstränge. Die beiden Hinterstränge werden bis zum grauen Kerne herab durch Bindegewebe und

Fig. 256.

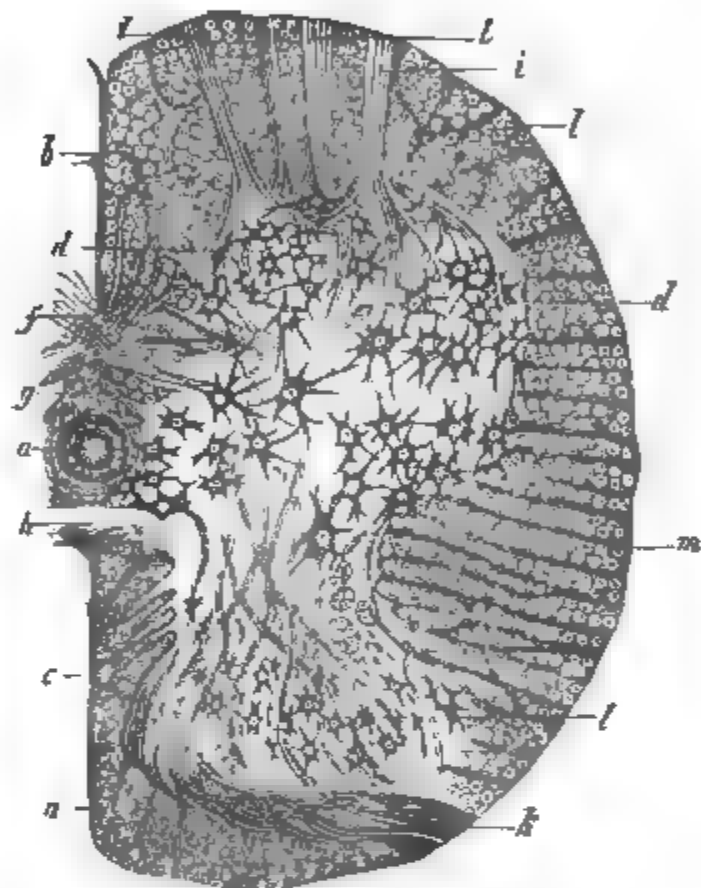


Querschnitt aus verschiedenen Höhen des Rückenmarks eines halbjährigen Kindes. Vergr. 8. A Aus der Mitte der Halsanschwellung. B Aus der Mitte des Brusttheils. C Aus der Mitte der Lendenanschwellung.

verschiedenen Verlauf erkennen. Man findet horizontal, senkrecht und schief verlaufende Fasern.

Der grösste Theil des Rückenmarkes wird von den senkrecht laufenden Nervenfasern gebildet. Sie streichen an der Oberfläche einander parallel, in den tieferen Schichten verflechten sie sich mehr unter einander und bilden feine Bündel. Das quantitative Verhältniss der weissen zur grauen Substanz ist in den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarks ein wechselndes

Fig. 257.



Querschnitt durch die untere Hälfte des menschlichen Rückenmarks (nach DARREUS) a Centralcanal; b Fissura anterior; c F. post.; d Vorderhorn mit den ansehnlichen Ganglienzellen; e Hinterhorn mit kleineren; f vordere weisse Commissur; g Gerüstsubstanz um den Centralcanal; h hintere graue Commissur; i Bündel der vorderen und k hintere Spinalwurzel; l vorderer, m seitlicher und n Hinterstrang.

Blutgefässe von einander getrennt. Eine wahre hintere Längsspalte existirt beim Menschen nur an der Lendenanschwellung und der oberen Cervikalgegend. Die Fasern der weissen Substanz lassen einen



Fig. 258.



Eine sich theilende Nervenfaser, deren beide Aeste mit dem Nervenfasernetz, welches mit zwei Nervenzellen in Verbindung steht, zusammenhängen. Karminammoniakpräparat aus dem Rückenmark des Ochsen. Vergr. 150.

(Fig. 256). Die lokalen Anschwellungen des Rückenmarks im Nacken- und Lendentheile kommen allein auf Rechnung der grauen Substanz; dagegen nimmt unverkennbar die Masse der weissen Substanz von unten nach oben continuirlich zu; an dem Uebergang der Rückenmarksspitze in das Filum terminale fehlt die weisse Substanz fast gänzlich (GRÜBLACH). In der weissen Substanz finden sich starke und mittelstarke Nervenfasern mit Axencylinder und Markscheide, eine eigentliche SCHWANN'sche Scheide mangelt d. S. 4004). Die Fasern der motorischen vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven sind meist viel breiter als die der hinteren sensiblen Wurzeln. Ein analoger Unterschied besteht zwischen den Fasern der Vorder- und Hinterstränge des Rückenmarks.

Es zeigt sich eine bedeutende, konstante Verschiedenheit der Nervenzellen in der grauen Substanz bezüglich ihrer Grösse. Die grössten Zellen finden sich in den vorderen Hörnern (Fig. 257). An der Aussenseite der vorderen Enden der Hinterhörner findet sich im ganzen Brusttheile des Rückenmarkes ein deutlich abgegrenzter rundlicher Ganglienzellenhaufen, die CLARKE'sche Säulen oder STILLING'sche Kerne genannt werden. Diese Zellen sind etwas kleiner als die bisher besprochenen. Von ihnen sowie von den kleinen, echten Nervenzellen, die sich in der grauen Masse zerstreut sehr zahlreich vorfinden, war oben die Rede.

Die graue Substanz enthält ausser den Zellen noch eine grosse Anzahl von Nervenfasern, die nach

IKER mindestens die Hälfte der ganzen Masse ausmachen, nach GERLACH die Masse bilden.

Die Nervenfasern der grauen Masse sind theils nackte, theils mit Mark- oder versehene Axenfasern, theils sind es nackte Nervenfibrillen von fast unbarer Feinheit. Bemerkenswerth ist für die stärkeren Nervenfasern der grauen Masse ihre sehr häufige, an einer Faser wiederholt eintretende Theilung, durch die sie feiner und feiner werden, bis aus ihnen fast unmessbar feine Fibrillen hervorgehen, welche zu engmaschigen Netzen zusammentreten, die in den Nervenzellen den charakteristischen Bestandtheil der grauen Masse ausmachen (GERLACH). Umgekehrt kann man sehen, dass aus diesem feinsten Fasernetze wieder breitere Fasern hervorgehen, welche mit anderen zu breiteren sich vereinigen. Diese durchsetzen die graue Masse und gelangen in die weisse Substanz der Stränge oder schliessen sich an die in den Hinterhörnern vorhandenen, aus mittelbreiten Nervenfasern bestehenden Faserzüge an (Fig. 258). Nach GERLACH hängen diese feinsten Fasernetze mit den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen zusammen, diese hängen sich direct in die Fibrillen der Netze auf, welche so eine Vereinigung der Zellen unter einander und einerseits mit einer Anzahl von Nervenfasern unter sich und mit den Zellen vermitteln.

GERLACH machte auf einen durchgreifenden morphologischen Unterschied zwischen der physiologisch verschiedenen Gattungen von Wurzelfasern des Rückenmarks aufmerksam. Die aus den Nervenzellen der Vorder- und Hinterhörner hervorgehenden Axencylinderfortsätze treten, wie es sehr wahrscheinlich ist, alle in die vorderen, motorischen Wurzeln ein, die aus dem feinsten Fasernetze der grauen Substanz hervorgehenden dickeren Fasern, welche mit dem Netz mit den Protoplasmafortsätzen der Zellen in Verbindung stehen, treten in die hinteren, sensiblen Wurzeln ein. Die Zellen, welche Axencylinderfortsätze und Protoplasmafortsätze besitzen, hängen also auf doppelte Weise mit den nervösen, faserigen Elementen des Rückenmarks zusammen, erstens durch den Axencylinderfortsatz, welcher zum Axencylinder vorderer Wurzeln wird, und zweitens durch die feinsten Verästelungen der Protoplasmafortsätze, welche sich in das feine Nervenfasernetz der grauen Substanz auflösen, welchem dann wieder dickere Fibrillenbündel und endlich dunkelrandige Axenfasern hervorgehen.

Für die physiologische Auffassung von Wichtigkeit scheint auch die schon erwähnte Beobachtung einer zweiten Nervenzellenart im Rücken-

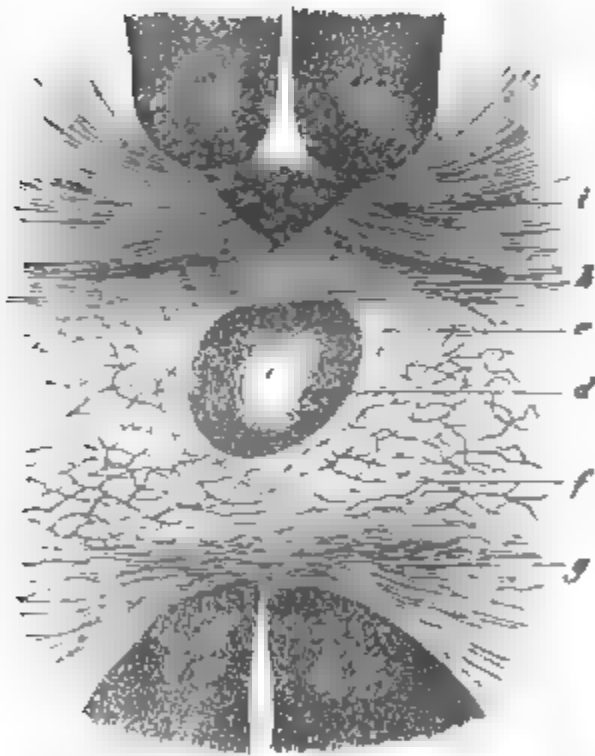
An der Mehrzahl der Zellen lässt sich, wie gesagt, der DEITERS'sche Axencylinderfortsatz nachweisen; an den mittelgrossen Zellen der auf den Brusttheil des Rückenmarks beschränkten Zellenlage der CLARKE'schen Säulen findet da-

GERLACH, wie in der Mehrzahl der Ganglienzellen des Gehirns, keine Axencylinderfortsätze, nur Protoplasmafortsätze, vielleicht finden sich auch noch an anderen Orten des Rückenmarks solche Zellen zweiter Art eingestreut. Von

beiden morphologisch verschiedenen Arten von Nervenzellen hängen so- wie eine direct mit den vorderen Wurzeln und mit dem Nervenfasernetze der grauen Substanz zusammen, die anderen stehen direct nur mit dem letzteren in Verbindung. Man hat früher auf die Unterschiede in der Grösse und

Lage der Zellen in den vorderen und hinteren Strängen eine Theorie u verschiedene physiologische Bedeutung der Zellen gründen wollen; JACCO erklärte die grossen Zellen der Vorderhörner für motorische, die kleinen Hinterhörner für sensible Nervenzellen. Nach den Angaben GERLACH's sei die Axencylinderfortsätze der Zellen, sowohl der Hinter- als der Vorder nur in die vorderen Wurzeln eintreten, und er bemerkt mit Recht, dass die scheidung in sensible und motorische Zellen im Rückenmarke der alten Thatsache widerspricht, dass in dem von der Medulla oblongata get Rückenmark weder die Bedingungen zum Zustandekommen von willkürlicher Bewegung noch von wahrer Empfindung vorhanden sind. Das Rückenmark wie wir sahen, nur reflektorische und automatische Thätigkeit; wir dürfen wohl vermuthen, dass an je eine der beiden morphologisch verschiedenen Zellenarten eine der beiden physiologischen Funktionen zugeordnet sei. Die wichtigere Reflexthätigkeit dürfen wir wohl den weit zahlreicheren Zellen erster Art zutheilen, für die automatische Thätigkeit dann die Zellen ohne Axencylinderfortsatz nur mit Protoplasmafortsätzen. Im Centrum der Nervennetze gelegen, erscheinen sie besonders geeignet ihnen irgendwie entstandene Reize auf Nachbarzellen zu übertragen, was zur Hervorrufung von Reflexbewegungen nach der Theorie M. SCHULTZE's die aus sensiblen Wurzeln dem Nervenfortsatz zugeleiteten Reizzustände durch die mit Axencylinderfortsätzen auf die motorischen Wurzeln direct übertragen werden (cf. dagegen MAYNARD S. 964 f.)

Fig. 259.



Mediale Partie des Rückenmarksquerschnittes eines halbjährigen Kindes aus dem unteren Nackentheile, mit Goldchloridkalium behandelt. Vergr. 50. aa Vorderstränge. bb Hinterstränge. c Centralcanal. d Contour, das Epithel des Centralcanals andeutend. e Bindesubstanz in der Umgebung des Centralcanals. f Nervenfasernetz um den Centralcanal. g Hintere Querfasern der grauen Commissur. h Vordere Querfasern der grauen Commissur. i Kreuzung in der vorderen weissen Commissur.

und seitlich an die Hinterstränge grenzen (Fig. 259). Nach BROWN-SÉQUARD's u. A. mentalergergebnissen (cf. oben) scheinen die querlaufenden Fasern der hinteren grauen

Im mittleren Theile der grauen Rücken substanz (GERLACH) etwas nach vorn liegt der von Cylinderepithel ausgekleidete Centralcanal, der nur bei jugendlichen Personen offen und mit Liquor cerebrospinalis erfüllt ist. Er ist zunächst von einer ziemlich nervenfreien, faserig-körnigen Bindesubstanz umgeben, in welche die Flimmerzellen fadenförmig Einsenken senden. Vor dieser Lage von Bindesubstanz (Ependyma des Centralcanals) unmittelbar sich kreuzenden Fasern der weissen Commissur, zeigen sich die vorderen zur Substanz gehörenden Kommissurfasern, wie die der hinteren Kommissur die beiden Markshälften verbinden; vorn bleibt hien Platz für das feine Nervenfasernetz, welches rechts und links, sowie hinter dem Centralcanal ausbreitet. Nach rückwärts schliessen Fasern der hinteren grauen Kommissur an gleichsam den Boden des Sulcus long. post.

issur mit Hirnorganen, welche Empfindung vermitteln, in Verbindung zu stehen, während die sich kreuzenden Fasern der vorderen weissen Commissur mit Organen der willkürlichen Bewegung im Gehirn sich verbinden.

In den Vorderhörnern unterscheidet man im Nacken- und Lendentheil des Rückenmarks drei Gruppen von Nervenzellen, eine mediale, vordere und laterale, letztere ist die grösste. In der grauen Mittelpartie (GERLACH) beider Rückenmarkshälften findet sich der Dorsaltheil der gesonderten Zellenlagen der CLARKE'schen Säulen, mit welchen scharf gezeichnete, rückwärts und vorwärts verlaufende Faserzüge in Verbindung treten. Die Hinterhörner zeigen zwei ziemlich scharf getrennte Abschnitte, der hintere ist die Substantia gelatinosa von ROLANDO, sehr arm an nervösen Elementen, an den Fasern des vorderen Abschnitts der Hinterhörner fällt der Reichthum an Nerventheilungen auf. Die ganz allgemein etwas kleineren Nervenzellen sind nicht zu schärferen Gruppen vereinigt.

Der Faserverlauf im Rückenmark erscheint im Speciellen folgendermassen (GERLACH):

Die Fasern der vorderen Wurzeln gelangen nach ihrem Eintritt in das Rückenmark, schräg durch die weisse Substanz hindurchtretend, direct zur grauen Substanz der Vorderhörner und verbinden sich durch die Axencylinderfortsätze mit den hier gelegenen Nervenzellen. Die Protoplasmafortsätze dieser Zellen betheiligen sich, indem sie sich in ihre Fibrillen auflösen, an der Bildung der feinen, auch die Zellen unter einander verbindenden Nervenfasernetze der grauen Substanz, aus welchen wieder breitere Nervenfasern hervorgehen, welche sich in zwei Richtungen hin, medial und lateral verlaufend, aus der grauen Substanz austreten, um in der weissen aufzusteigen. Aus diesem stetigen Zuwachs neuer Fasern resultirt die Zunahme der weissen Substanz an Masse von den unteren Rückenmarksabschnitten zu den oberen. Die medial verlaufenden Fasern gelangen direct zur vorderen weissen Commissur, hier kreuzen sie sich mit den gleichen Fasern der anderen Seite und steigen in dem Vordrang der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte auf; die lateral verlaufenden Fasern begeben sich zu dem Seitenstrange der gleichen Seite, in welchem sie aufsteigen, sie unterliegen erst in der Decussatio pyramidum der Medulla oblongata gleichfalls einer Kreuzung. (MEYNERT's Darlegungen über das Verhalten des centralen Höhlengrau zu den Fasern cf. S. 964 f.).

Die hinteren Nervenwurzeln treten horizontal von aussen nach innen verlaufend in die weisse Substanz und schlagen hier zwei Wege ein. Eine lateral verlaufende kleinere Abtheilung der Fasern bleibt der ursprünglichen Verlaufsrichtung treu, durchsetzt in feinen Bündeln die Substantia gelatinosa und betheiligt sich an der Bildung eines unmittelbar vor dieser gelegenen vertikalen Faserbündels, durch welches die Fasern theils auf-, theils absteigend verlaufen. Aus diesem Bündel biegen die lateralen hinteren Wurzelfasern bald nach vorn die Horizontalebene um und treten in das feine Nervenfasernetz des vorderen Abschnitts der Hinterhörner ein. Die grössere Abtheilung der hinteren Wurzelfasern verläuft medial und schmiegt sich an die Grenze der Substantia gelatinosa (nach innen und hinten) an, hier biegen sie senkrecht in die Höhe, um in den Hintersträngen eine grössere Strecke auf- und vielleicht auch wieder abwärts zu verlaufen, später biegen auch sie wieder in die horizontale Richtung um. Ein Theil der hinteren Wurzelfasern löst sich also sofort nach seinem Eintritt in den mit einem Nervenetz versehenen Theil der grauen Substanz in

diesem Netze auf, ein anderer Theil geht weiter nach vorn und in dem Maasse, als derselbe weiter nach vorn fortschreitet, betheiligen sich die Fasern unter fortwährenden Theilungen gleichfalls an der Bildung des Nervenfasernetzes. Dieses Netz, in welches gleichsam als Knotenpunkte grössere und kleinere Nervenzellen eingeschaltet sind, steht mit dem Netze der Vorderhörner in kontinuierlicher Verbindung. Aus demselben entwickeln sich Nervenfasern, welche vor und hinter dem Centralcanal in der grauen Kommissur die Medianebene überschreiten, dann sich nach rückwärts wenden, um theils in den vertikalen Faserbündeln der Hinterhörner, theils in den Hintersträngen, zwischen welchen beiden letzteren vielfache, bis jetzt aber noch unentwirrbare Beziehungen obwalten mögen, nach dem Gehirne aufzusteigen (GERLACH).

Im verlängerten Marke kehren die Verhältnisse des Rückenmarkes im Allgemeinen wieder, es findet sich aber hier noch eine verwickeltere Anordnung auf kleinerem Raume, indem hier die Ansammlungen von Ganglienzellen viel mehr von einander gesondert sind und doch wieder eigenthümlich verbundene Zellsysteme darstellen. Nach DEITERS ergibt sich das allgemeine Gesetz, dass überall da, wo Fasermassen eine andere Richtung einschlagen, graue Massen dazwischen geschoben sind. Diese dienen den Fasern nicht sowohl als Endstationen, sondern als Knotenpunkte, von denen aus ein neues System von Fasern ausstrahlt.

### Die Ursprünge der Hirnnerven.

Die Ursprünge der Gehirnnerven nach MEYNERT, STILLING, C. E. HOFFMANN u. A.

1) Der N. olfactorius ist eine Abschnürung der Hemisphäre, er sollte also eigentlich noch zu den Gehirnabschnitten gerechnet werden. Er ist ein Divertikel der Grosshirnrinde, besitzt eine feine Höhlung, und erhebt sich vom Gehirne mit drei Wurzeln. Die innere Wurzel verbindet sich (MEYNERT) mit dem Stirnende des Gyrus fornicatus, die äusseren mit dem Schläfenende der Bogenwindung, dem Subiculum cornu Ammonis.

2) Die Sehnerven, resp. die hinter dem Chiasma gelegenen Tractus optici, kommen von den Sehhügeln, Vierhügeln und Kniehöckern. In der Nähe des Chiasma nehmen sie noch Fasern vom basalen, an der seitlichen Grenze des Tuber cinereum gelegenen Opticusganglion auf (cf. oben).

3) Die gemeinschaftlichen Augennerven lassen ihre Fasern in die Hirnstiele verfolgen, von hier aus ziehen sie getrennt theils gegen das hintere Ende der Sylvius'schen Wasserleitung, theils gegen die Brücke zu. Der grössere Theil der Fasern verbindet sich mit dem Okulomotorio-Trochleariskern, dicht an der Mittellinie in dem Boden der hinteren Abtheilung der Sylvius'schen Wasserleitung gelegen. Von hier aus ziehen die Bündel der Okulomotoriuswurzeln durch die Haube zur Innenseite des Hirnschenkelfusses, indem sie theils den rothen Kern durchsetzen, theils umgreifen. Dieser Kern verbindet sich mit den geraden Fasern der Raphe, aus ihm entspringen auch die Wurzelfasern des Trochlearis.

4) Die Trochleares, Rollnerven. Man kann die Wurzelfasern unter die Vierhügel zum oberen Marksegel verfolgen, dann verlaufen sie schräg um den Aquaeductus Sylvii nach vorn und oben, dicht unter den Vierhügeln kreuzen sie sich mit den Fasern des Trochlearis der anderen Seite (STILLING) und treten dann in den Okulomotorio-Trochleariskern ein.

5) Die dreigetheilten Nerven. Der Trigemini besitzt eine kleinere motorische und eine grössere sensible Wurzel. Die kleinere Wurzel entspringt aus den seitlichen Ab-



theilungen des hinteren Brückentheils, aus dem oberen, motorischen Trigeminskern (STILLING). Die grössere Wurzel zeigt einen vielfachen Ursprung. Die Fasern der geraden Wurzel kommen von einer Zellenanhäufung, ziemlich oberflächlich nach aussen von dem motorischen Trigeminskern gelegen. - Ein Theil der absteigenden Wurzel, die äussere, kommt von einer Zellengruppe im Gebiete des oberen Vierhügelpaares, die innere leitet MEYNERT aus Zellen vor und hinter den Längsbündeln der vorderen Brückenabtheilung ab. Die mittlere kommt aus der Substantia ferruginea des Locus coeruleus, diese Fasern lassen eine Kreuzung mit denen der anderen Seite erkennen. Nach MEYNERT kommt noch eine aufsteigende Wurzel aus der gelatinösen Substanz des Tuberculum cinereum Rolandi in der unteren Hälfte des verlängerten Marks, und mit höchster Wahrscheinlichkeit auch eine aus dem Kleinhirn, deren Fasern in den Bindearmen verlaufen.

6) Der N. abducens entspringt aus dem Abducens-Facialiskern von den Striae medullares auf dem äusseren Theile der Eminentia teres, in der Höhe des unteren Endes der Fovea anterior.

7) Der N. facialis entspringt mit drei Wurzeln (MEYNERT). Die absteigenden Fasern gehen gekreuzt aus der Raphe hervor und biegen sich in den Facialis-Abducenskern, aus dessen oberem Theile die geraden Wurzeln hervorkommen. Die aufsteigenden Facialiswurzeln kommen aus dem unteren, vorderen Facialiskerne, dicht nach aussen vor der oberen Olive gelegen, und verlaufen zum Boden der Rautengrube, dort vereinigen sie sich zu einem knieförmig gebogenen Bündel, welches um den Abducenskern herumzieht.

8) Der N. acusticus hat (MEYNERT) eine vordere Hauptwurzel, welche von dem Kleinhirnschenkel durch die Brücke zieht, und eine hintere Hauptwurzel, welche die Kleinhirnschenkel umgreift und nahe dem Boden der vierten Höhle liegt. Die beiden Wurzeln treten in Verbindung mit Anhäufungen von Nervenzellen: dem inneren, äusseren und vorderen Akustikuskern. Der innere Akustikuskern bildet ein äusseres rhombisches Gebiet der Rautengrube von der Aussenseite der Wölbung des oberen Facialiskerns durch die Mitte der Rautengrube bis zur Aussenseite des Vago-Accessoriuskerns. Der äussere, direct an den inneren angrenzende liegt in dem trapezoidischen Feld der inneren Abtheilung der Kleinhirnschenkel. Der vordere Akustikuskern ist wie ein Keil zwischen die Corpora restiformia und das Mark der Flocke eingeschoben. Ausserdem findet man an dem ganzen centralen Verlauf des Akustikus einzelne oder zu Gruppen verbundene Nervenzellen. Die vordere Hauptwurzel hat gekreuzte Fasern, die, aus den Kleinhirnschenkeln der entgegengesetzten Seite kommend, theils durch den inneren Akustikuskern hindurchtreten, theils durch den äusseren Akustikuskern gerade nach vorn dringen, am Boden der Rautengrube als Fibrae arcuatae umbiegen und zum inneren Akustikuskern der anderen Seite gelangen. Dazu kommen noch ungekreuzte äussere Fasern, aus dem äusseren Akustikuskern, dem Corpus restiforme und dem vorderen Akustikuskern stammend. Die hintere Hauptwurzel zeigt oberflächliche Bündel, die Striae medullares, welche als Fibrae arcuatae aus den Kleinhirnschenkeln der anderen Seite durch die Raphe zum Boden der Rautengrube treten. Tiefer als sie, aber sonst analog verlaufen andere Fasern, welche theilweise den inneren Akustikuskern durchsetzen. Diese theils directe, theils gekreuzte Verbindung mit dem Kleinhirn ist dem Akustikusursprung ganz specifisch eigen (MEYNERT).

9) Die Ursprünge des 9) N. Glossopharyngeus, 10) des N. vagus und 11) des N. accessorius können nur gemeinsam beschrieben werden (MEYNERT). — Zwischen dem inneren Akustikuskern und der Eminentia teres schiebt sich nach vorn eine Nervenzellenanhäufung ein: der äussere Glossopharyngeuskern, etwas weiter einwärts liegt der innere Glossopharyngeuskern. Mehr in der Tiefe beginnt der Vaguskern, dringt nach hinten gegen die Oberfläche des grauen Bodens der vierten Hirnhöhle vor und geht in der Ala cinerea in den Akustikuskern über. An der Eminentia teres liegt nach innen der mediale Kern. Mehrere mm von der grauen Substanz der Rautengrube entfernt liegt, durchzogen von den Fibrae arcuatae, der vordere motorische Glossopharyngeo-Vaguskern. Alle diese Ursprungskerne stehen

Wurzeln des N. accessorius entspringen bis zur Pyramidenkreuzung aus Fortsatze des Vorderhirns, unterhalb der Kreuzung aus der Formatio reticulata laufen parallel den Hinterhörnern nach aussen.

12) Der N. hypoglossus stammt aus dem Hypoglossuskern, der in der Rautengrube, von weisser Masse bedeckt, eine mittlere Erhebung bewirkt. Fibræ rectae mit der Pyramide verbunden, andere Wurzelfasern kommen in der Raphe aus den Hirnschenkeln, zwischen beiden Hypoglossuskernen findet sich eine Commissur aus sehr feinen Fasern.

Ueber den Ursprung der Rückenmarksnerven finden sich die Angaben im Text.

## Zusammenstellung der Functionen der Hirn- und Rückenmarksnerven

Bei den einzelnen Organen wurden die Wirkungen der Nerven schon angedeutet. Es bedarf hier vorzüglich nur noch einer übersichtlichen Zusammenstellung der gefundenen Thatsachen.

### I. Hirnnerven.

1) Nervus olfactorius, der Riechnerv.

2) Nervus opticus, Sehnerv. Erregt reflektorisch den N. oculomotorius zum Sphincter pupillae gehende Fasern.

3) Nervus abducens, motorischer Nerv für den Musculus abducens (Musculus rectus oculi externus). Er erhält aus dem Sympathicus (vom Centrum stammende) Fasern an der Stelle, wo er die Carotis kreuzt. Daraus erklärt es sich die Sympathicus-Durchschneidung am Halse das Auge nach Innen schiebt. Vom Tractus opticus wahrscheinlich sensible Fasern.

4) Nervus trochlearis, motorischer Nerv für den Musculus trochlearis (Musculus obliquus oculi superior), er führt sensible Fasern vom Trigemini.

5) Nervus oculomotorius, motorischer Nerv für die meisten Muskeln des Auges: Mm. rectus superior, inferior, internus, M. obliquus inferior, M. levator palpebrae superioris.

g nicht getroffen: die Pupille normal beweglich. Er erhält am Sinus cavernosus vom eminens sensible Fasern.

6) Nervus trigeminus. Er besitzt sensible und motorische Fasern. Er entspringt Analogie der Rückenmarksnerven mit zwei Wurzeln, einer sensiblen: Portio major, wie die Rückenmarksnerven ein Ganglion: G. Gasseri, besitzt, und einer motorischen: Portio minor.

a. Seine sensiblen Fasern vermitteln die Empfindung in der Dura mater, der Sinushöhle und ihrer Umgebung, der Stirn, dem ganzen Gesichte, dem vorderen Theil des äußeren Ohres, dem äusseren Gehörgang, der Schläfengegend, dem oberen Theile der Rachenhöhle, der Nasenhöhle, dem harten Gaumen, der Zunge, den Zähnen, dem Boden der Mundhöhle, also fast am ganzen Kopf. Ausgenommen ist nur der Pharynx (zum grössten Theil), der vordere Theil der Zunge, die hinteren Gaumenbögen, Tuba Eustachii und Trommelhöhle, welche vom Vagus und Glossopharyngeus innervirt werden. Auch der innerste Theil des äußeren Gehörgangs bekommt vom Vagus (ramus auricularis), ein Theil der Ohrmuschel und Hinterhaupt bekommen von Cervicalnerven ihre sensiblen Fasern. Diese Theile verlieren nach Trigemini-Durchschneidung nicht ihre Empfindlichkeit. Er scheint (?) Geschmacksnerv in den von ihm versorgten Theilen der Zunge (für süß und sauer?).

b. Er ist der motorische Nerv für die Mm. temporalis, masseter, pterygoideus (Kaukern), digastricus anterior maxillae, tensor und levator palati, tensor tympani, mylohyoideus. Auch zum M. buccinator geht ein Zweig. Er hat Fasern, welche von Einfluss auf die Pupille sind. Nach Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt Pupillarverengerung ein (durch Reflex auf den Oculomotorius?). Er sendet vasomotorische Fasern, vermuthlich sympathischen Ursprungs, zu den Arterien der Conjunctiva und Iris.

c. Er ist der sekretorische Nerv für die Thränendrüse (R. lacrimalis N. trigeminus), für die Parotis (R. auriculo-temporalis vom III. Aste des N. trigeminus) und Sublingualdrüse. Er steht auch in reflektorischer Beziehung zur Speichelsecretion durch Vermittelung des Ganglion linguale und des Gehirnes.

d. Er ist trophischer Nerv für das Auge, die Lippen etc., wahrscheinlich durch Vertheilung der Empfindlichkeit in diesen Organen. Nach der Durchschneidung des Trigemini in der Schädelhöhle wird der Augapfel entzündet und schliesslich zerstört. Bringt man eine reizende empfindliche Hautfläche künstlich vor das Auge, indem man bei Kaninchen das Horn vor dem Auge befestigt (SNELLEN), so bleibt das Auge gesund. Die innersten Fasern scheinen als trophische Nerven die Hauptrolle zu spielen. Durchschneidet man sie allein (MEISSNER, 1877), wobei die Empfindlichkeit erhalten bleibt, so entzündet sich das Auge doch leicht, wenn nicht eintreten soll trotz Empfindungslähmung, wenn der Trigemini ganz bis auf die innersten Fasern durchschnitten ist (SAMUEL). Nach Durchschneidung des Trigemini treten Wunden im Munde auf; nach einseitiger Lähmung der Kaumuskeln stellt sich der Unterkiefer nämlich schief und die Zähne drücken reizend auf die Schleimhaut (ROLLETT).

7) Nervus facialis. Er besitzt motorische und sekretorische Fasern. Seine Empfindungsfasern werden ihm (grosstentheils) bei seinem Lauf durch das Felsenbein vom Trigemini beigemischt. Er ist motorischer Nerv für den M. stapedius (bei Facialislähmung tritt — regelmässig — eine schmerzhaft empfindliche Hörschwäche ein: Hyperacusis siana ein, durch Schlottern des Steigbügels im ovalen Fenster?), die Muskeln des äusseren Ohres, die Muskeln der Stirn mit dem M. corrugator und orbicularis, für die Muskeln der Nase, des Gesichts, des Mundes, der Gesichtsmuskeln, für den hinteren Bauch des M. digastricus, für die Mm. stylohyoideus, buccinator, Platysma, Muskeln des Kinnes. Auch einige Zungenmuskeln scheint er zu bewegen (cf. Glossopharyngeus). Der Facialis ist ein Sekretionsnerv der Speicheldrüsen und zwar seine Chorda tympani in Verbindung mit dem Trigemini zum Ganglion linguale. Der Chorda tympani schreibt man auch Geschmacksempfindung bei Facialislähmung ist das Gesicht nach der gesunden Seite zu verzerrt.

8) Nervus acusticus, Gehörnerv.

9) *Nervus glossopharyngeus*. Er ist ein gemischter Nerv. Seine motorischen Fasern (BISCHOFF) gehen zu den *Mm. stylopharyngeus, constrictor faucium medius, levator palati mollis* und *azygos uvulae*. Er scheint das Gefühl in den hinteren Abschnitten der Zunge zu vermitteln, und ist jedenfalls wenigstens der hauptsächlichste Geschmacksnerv. Es steht in reflektorischer Beziehung zur Speichelsekretion. LUDWIG und RABH reizten das centrale Ende des durchschnittenen Glossopharyngeus und erhielten dadurch lebhafte Speichelsekretion, welche durch den Trigeminus und Facialis vom Gehirne her vermittelt wurde. Nach der Durchschneidung dieser Nerven hörte die Reflexerregung auf.

10) *Nervus vagus*. Er hat wahre motorische Fasern. Bei mechanischer wie electrischer Erregung der Wurzelfäden des Vagus kommen bei Säugethieren in Aktion: *Mm. constrictor pharyngis supremus, medius und infimus*, der Oesophagus, Muskeln des weichen Gaumens: *levator veli palati, azygos uvulae* und *M. pharyngopalatinus*; der Magen und bei frisch getödteten Säugethieren oder bei lebenden nach Durchschneidung der *Nn. Splanchnici* der gesammte Darm (H. HELFERICH), sowie der Uterus. Die Einwirkung des Vagus auf den Darm wird (scheinbar) geringer bei dem Herabsteigen in der Thierreihe (H. HELFERICH), bei Vögeln kommt, auch nach Splanchnicus-Durchschneidung, nicht mehr der ganze Darm in Bewegung. Durch Reizung des peripherischen Vagusstammes — die Reizung des centralen Stumpfes ist auf den Darm stets wirkungslos, dagegen hat einseitige Vagusreizung für den Darm schon den vollen Erfolg —, bei Fröschen bewegt der Vagus nur Speiseröhre, Magen und die obersten Dünndarmschlingen, bei Fischen, deren Darm nur glatte Muskelfasern besitzt, erfolgt gar keine Bewegung. Der Darm der Schleie hat nur quergestreifte Muskulatur, diese wird durch den Vagusreiz rasch und vollkommen erregt, der Schlammpeitzger hat nur im oberen Theil des Darms quergestreifte Fasern, hier bleibt die Erregung auf diesen Theil beschränkt (HELPERICH). Galvanische Reizung des Vagus erregt auch die Kehlkopfmuskeln, die Fasern verlaufen grösstentheils im *Laryngeus inferior s. Recurrens*, der *Laryngeus superior* gibt einen Zweig an den *Cricothyreoideus* (cf. *N. accessorius*), auch einen Einfluss des Vagus auf die Bronchialmuskulatur hat man behauptet. Bei Fischen (Teleostiern) treten Vaguselemente zur Schultermuskulatur. GEGENBAUR homologisirte theoretisch Kiemen- und Schulterbogen (mit den vorderen Extremitäten): R. WIEDERSCHIED zeigte zum Beweis dieser Anschauung, dass bei *Protopterus* Kiemen- und Extremitätengrundlage wirklich an demselben Bogen (Schulterbogen) ansitzen und dass der Vagus, der Kiemnerv, mit dem *Nervus hypoglossus* den starken motorischen Nerven für die vordere Extremität bildet. Er besitzt sensible Fasern für die Schleimhaut des Kehlkopfs und der Luftröhre, vielleicht für den ganzen Respirationsapparat. Betupfen der Trachealschleimhaut mit reizenden Flüssigkeiten erzeugt Husten, der nach der Vagusdurchschneidung wegfällt. Er vermittelt die Empfindlichkeit des Herzens. Nach J. STERNER verlaufen bei Kaninchen die sensiblen (zur Lunge gelangenden) Fasern des Vagus auf der äusseren, die motorischen auf der inneren Seite des Vagusstammes; er trennte beide Abschnitte mit dem Messer.

Am Halstheile des Vagus hat man Folgendes experimentell festgestellt. a. Er ist der regulatorische oder Hemmungsnerv der Herzbewegung. Seine Durchschneidung am Halse beschleunigt, die Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Nerven verlangsamt die Herzbewegung und bringt sie ganz zum Stillstand (der Vagus ist hierin der Antagonist des Sympathikus [v. BEZOLD]). Er kann zu dieser Function reflektorisch erregt werden (Klopfversuch, GOLTZ). Auch die Reizung des centralen Stumpfes bewirkt, wenn der andere Vagus intakt ist, Verlangsamung der Herzbewegung (DONDERs). b. Ein Zweig: *Nervus depressor*, setzt durch Verminderung des Tonus der Gefässnerven die Widerstände in der Blutbahn herab. Dieses erfolgt durch centripetal geleitete Reizung, die Durchschneidung des *N. depressor* ist erfolglos, der Effekt zeigt sich nur bei Reizung des centralen Depressorstumpfes. Andererseits soll der Vagus excitirende Fasern besitzen für das vasomotorische Centrum: pressorische Fasern, namentlich im *Laryngeus superior* (AUBERT und ROYAL). c. Er steht in reflektorischer Beziehung zum Centrum der Athembewegungen. Bei Durchschneidung des Vagus sinkt die Athemfrequenz. Reizung des centralen Vagusstumpfes

**Wirkt** Beschleunigung, zuletzt Stillstand in Inspirationsstellung. Diese Fasern entspringen **Wahrscheinlich** in der Lunge. *d.* Reizung des centralen Stumpfes des R. laryngeus superior **verlangsamung** der Athembewegungen und Stillstand in der Expiration hervor. Seine **Durchschneidung** verlangsamt etwas die Inspiration (SKLAREK). *e.* Er soll der trophische **Nerv** der Lunge sein. Nach seiner Durchschneidung sieht man schleimige und seröse, selbst **ergussartige** Ergüsse in den Bronchien und Alveolen, die Lunge wird theilweise atelektatisch. Nach **beiderseitigen** Durchschneidung functioniren die Kehlkopfmuskeln mit den Stimmbändern nicht mehr und Speisetheilchen gelangen leicht in die Lunge; was man bisher als **Ursache** jener Erkrankungen der Lunge ansprach. Nach v. WITTIG und GENZMER sind dagegen **Peripneumie** und Oedem der Lunge directe Folgen der Vagusdurchschneidung, sie bedingen eine **Schwächung** der Resistenz der Lunge gegen Schädlichkeiten. *f.* Nach Durchschneidung der **Vagusnerven** treten Störungen in der Verdauung ein. Der Grund liegt zum Theil in der Lähmung der **Ösophagus-, Magen- und Darmmuskulatur**. Die Magensaftabsonderung scheint vom Vagus **abhängig** zu sein. Er soll Hunger- und Durstgefühl vermitteln, auch die Speichelsekretion **beschleunigen** vom Magen aus anregen. Auf die Pankreassekretion soll er hemmende **Einwirkungen** ausüben (LUDWIG, N. O. BERNSTEIN), dagegen soll er die Nierensekretion und die Zucker-**absonderung** in der Leber anregen. *g.* Der Ramus auricularis vagi steht in reflektorischer Beziehung **der Gefäßmuskulatur** des Ohres (SNELLEN, LOVÉN). Die Reizung des centralen Stumpfes **deselben** bedingt zuerst Verengerung, dann Erweiterung der betreffenden Gefäße.

**Zur Erleichterung** der Uebersicht sollen noch die Resultate der Durchschneidung **und Reizung** des Vagus und seiner Zweige am Halse zusammen aufgeführt werden.

Nach Durchschneidung des Vagusstammes am Halse sind die Muskeln des **Kehlkopfs** gelähmt, bei beiderseitiger Durchschneidung die Stimmbänder functionsunfähig. **Die** Herzbewegungen sind beschleunigt, die Athembewegungen verlangsamt. Bei Reizung **des** peripherischen Vagusendes am Halse contrahiren sich die Kehlkopfmuskeln, es **tritt** Stimmritzenkrampf ein, die Bewegung des Herzens wird verlangsamt, endlich steht es in **Stillstand**, die Bronchienmuskeln sollen sich contrahiren, es treten Contraktionen des **Magens, Darms, Uterus** ein und die Nierensekretion soll vermehrt werden. Reizung **des** centralen Vagusendes am Halse beschleunigt und verstärkt die Inspirationsbe-**wegung** bis zum Inspirationskrampf (soll die Speichelsekretion vermehren, dagegen die Pan-**kreassekretion** vermindern). Findet die Reizung oberhalb der Vereinigung der depressorischen **Fasern** mit dem Vagus statt, so tritt allgemeine Verminderung des Blutdrucks ein. Ist der **andere** Vagus undurchschnitten, so wird der Herzschlag verlangsamt.

**1** Ist der Laryngeus inferior durchschnitten, so werden die Kehlkopfmuskeln **mit den** Stimmbändern gelähmt, Reizung seines peripherischen Endes bewirkt (wie die des **Vagusstammes**) Contraction dieser Muskeln.

Durchschneidung des Laryngeus superior soll die Inspiration etwas ver-**langsamen**. Die Reizung seines centralen Stumpfes verlangsamt die Inspiration und **unterdrückt** sie endlich ganz. Gleichzeitig erhöht sie den Blutdruck durch Contraction aller **Arterien**. Reizung des centralen Depressorstumpfes vermindert den Blutdruck **durch** Erschlaffung und Erweiterung aller Arterien.

**41) Nervus hypoglossus.** Er ist wesentlich motorischer Nerv für alle Zungen-**muskeln**, die Mm. styloglossus, hypoglossus, genioglossus, lingualis, thyreohyoideus, sterno-**hyoideus**, sternothyreoides und omohyoideus. Er hat auch sensible Fasern und einen Ramus **cardiacus** von unbekannter Bedeutung.

**42) Nervus accessorius.** Er innervirt die Mm. sternocleidomastoideus und cucu-**laris**, nach BISCHOFF auch die Kehlkopfmuskeln. Sensibilität geht ihm vielleicht ganz **ab**. Man betrachtet ihn als eine motorische Wurzel des Vagus (LONGET), doch führt auch der **Vagus** an seinem Ursprunge motorische Fasern (VAN KEMPEN). Durchschneidung des Accesso-**rius** vor seiner Verbindung mit dem Vagus soll, nach Einigen, alle vom Vagus und Accesso-



rius versorgten Muskeln lähmen, doch erregt isolirte Reizung des Vagusursprungs Bewegungen im Larynx, im Schlund und in der Speiseröhre. Die isolirte Durchschneidung des Accessorius soll die Herzbewegung beschleunigen, Reizung sie verlangsamen (HEIDENHAIN).

## II. Rückenmarksnerven.

Im Jahre 1814 entdeckte der Engländer CH. BELL, dass von den beiden Wurzeln, mit denen jedes der 31 Paare der Rückenmarksnerven aus dem Rückenmark entspringen, die vordere der Bewegung, die hintere der Empfindung dient. Man nennt diese Thatsache, welche durch mechanische Reizung und Durchschneidung der Nervenwurzeln innerhalb des aufgebrochenen Rückenmarks nachgewiesen wurde, **Bell'sches Gesetz**.

MAGENDIE hat zuerst beobachtet, dass sich sensible Fasern von der hinteren Wurzel auch auf die vordere begeben und so zum Rückenmark zurückkehren. Sie ertheilen den vorderen Wurzeln einige Empfindlichkeit, die sich aber nur zeigt, so lange die hinteren Wurzeln intakt sind. Durchschneidet man diese und trennt dadurch die »rückläufigen« empfindenden Fasern von ihrer Verbindung mit dem Rückenmark, so hört die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln auf. Man bezeichnet diese Empfindlichkeit der motorischen Wurzeln, welche, wie man erkennt, dem BELL'schen Gesetze keinen Eintrag thut, als rückläufige Empfindlichkeit, *Sensibilité recourrante*. HARLESS und E. CYON haben gefunden, dass durch Vermittelung der hinteren Wurzeln den vorderen eine erhöhte Erregbarkeit ertheilt werde. Schnitte durch Hirn und Rückenmark bewirkten bei unversehrten hinteren Wurzeln Sinken der Erregbarkeit der vorderen, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln waren sie wirkungslos. Die Orte, wo diese Einwirkung von den hinteren Wurzeln auf die vorderen übertragen wird, scheinen danach in der ganzen Rückenmarksaxe vertheilt zu sein.

Nach L. LÖWE verlaufen die motorischen und sensiblen Fasern im gemischten Nervenstamm zu zwei räumlich gesonderten Bündeln vereinigt, die sensiblen am Aussen-, die motorischen am Innenrande des Nervenstammes.

Im Allgemeinen gilt von der Verbreitung der Rückenmarksnerven Folgendes: Es reicht der Verbreitungsbezirk eines einzelnen Rückenmarksnerven nicht über die Mittellinie des Körpers hinaus. Es ergibt sich dieses für den Menschen vor Allem aus der Prüfung des Tastsinnes einseitig Gelähmter. Jeder Muskel und jedes Hautstück erhalten, wie es scheint, Nervenfasern von verschiedenen Nervenwurzeln, so dass die Lähmung eines Rückenmarksnerven nicht mit Nothwendigkeit eine vollkommene Bewegungs- und Empfindungslähmung der von ihm versorgten Theile bedingt (Halblähmung).

Es gilt ziemlich allseitig das Verbreitungsgesetz, dass die sensiblen Fasern eines Rückenmarksnerven sich an die Hautstellen verbreiten, welche über den Muskeln liegen, welche von den motorischen Fasern derselben Nerven versorgt werden.

Die Rückenmarksnerven geben vasomotorische Fasern für die meisten Arterien ab, man nimmt vielfach an, dass diese von den Rami communicantes vom Sympathikus aus auf die Rückenmarksnerven übertreten, so dass sie also vom Sympathikus abstammen (s. Sympathikus).

Bei den folgenden Nerven ist ebenfalls noch nicht entschieden, was von ihren Effecten dem Sympathikus und was dem Rückenmark zugeschrieben werden muss.

Der Nervus phrenicus, Zwerchfellsnerv. Er ist gemischter Natur, seine Reizung und Durchschneidung ist schmerzhaft. Seine Durchschneidung erzeugt beschleunigtes Athmen. Athembeschwerden, die operirten Thiere sterben bald. Nach LUSCHKA gehen Fasern zum serösen Leberüberzug.

**Die Nerven der Blase.** Die Bewegungsfasern laufen in den Sakralnerven. Die Empfindungsfasern sollen den Rami communicantes entstammen, welche in den Lendentheil des Sympathikus eintreten. OERL will auf Reizung des centralen Vagusendes reflektorisch eine Verengerung der Blase erhalten haben; die Blasenmuskulatur soll vom verlängerten Marke aus erregbar sein.

**Die Nerven des Samenleiters** stammen nach BUDGE vom 4.—5. Lendennerven (bei dem Kaninchen) und verbinden sich durch die Rami communicantes mit dem Sympathikus. Innerhalb des Rückenmarks sollen sie mit einem Centrum genitospinale verknüpft sein. BUDGE verlegt dieses in die Gegend des 4. Lendenwirbels.

**Die Nerven des Uterus.** Man hat den Uterus von verschiedenen Stellen des Rückenmarks, dem verlängerten Mark, dem kleinen Gehirn, der Brücke, in Bewegung gesetzt. Die Bewegungen erfolgen am leichtesten vom Lendenmark aus. Nach Trennung der Sakraläste der Plexus hypogastrici posteriores hören die rhythmischen Bewegungen nach einiger Zeit auf. Die Reizung der Sakralnerven bringt den Uterus zur Bewegung (OBERNIER, KEHRER, KÖRNER).

**Die erigirenden Nerven.** ECKHARD bestätigte die langgehegte Vermuthung, dass die Erektion des Penis durch Rückenmarksnerven zu Stande komme (da die Erektion bei Rückenmarksleiden unmöglich ist), dadurch, dass er einen aus dem Sakralplexus bei dem Hunde entspringenden Nerven kennen lehrte, welcher bei Reizung eine starke Beschleunigung des Blutstroms im Penis erzeugt.

**Der Nervus pudendus communis** scheint ein Antagonist dieses eben genannten Nerven zu sein. Auf seine Durchschneidung folgt nämlich eine Erweiterung der Arteria dorsalis penis (LOVÉN) und die Pulsation in ihr wird lebhafter. Seine Erregung würde also den Blutfluss zum Penis hemmen, Verminderung der normalen Erregung (wie die Durchschneidung) dieses Nerven die Erektion begünstigen.

## Zur Entwicklungsgeschichte der nervösen Centralorgane und Nerven.

Die erste Bildung des Medullarrohrs und Gehirns wurde oben beschrieben (Fig. 42—46, S. 44) KÖLLIKER). Als Anlage des Gehirns bildet sich vorn an der sich schliessenden Rückenrinne zunächst eine Erweiterung, hinter welcher dann noch zwei andere entstehen, welche sich zu drei Blasen abschliessen: vordere, mittlere und hintere Hirnblase. Die vordere Blase lässt bald einen grösseren vorderen und einen kleineren hinteren Abschnitt erkennen: das Vorderhirn und Zwischenhirn. Die dritte Blase zerfällt ebenfalls in eine vordere Abtheilung: Hinterhirn, und eine hintere: Nachhirn. Nur die mittlere Hirnblase: das Mittelhirn, bleibt einfach. Das Vorderhirn bildet sich zum grossen Gehirn aus mit den Corpora striata, dem Corpus callosum und dem Fornix. Aus dem Zwischenhirn gehen die Schlägel und die Theile am Boden des dritten Ventrikels hervor. Die Augenblasen zeigen sich sehr früh an der ersten Hirnblase, durch vorwiegendes Wachsthum des zwischen ihnen gelegenen Hirnblasenabschnittes und der Bildung des Vorderhirns rücken sie mehr und mehr nach abwärts und hinten und werden zu Bestandtheilen des Zwischenhirns. Das anfänglich mit allen seinen Theilen horizontal liegende Gehirn zeigt bald drei beinahe rechtwinkelige Krümmungen: die Nackenkrümmung, an der Uebergangsstelle des Rückenmarks in das verlängerte Mark; die Brückenkrümmung, an der Grenze zwischen Hinterhirn und Nachhirn, wo in der Folge die Brücke entsteht; die Scheitelkrümmung stellt Zwischenhirn und Vorderhirn nahezu unter einen rechten Winkel zum Mittel- und Hinterhirn. Diese Gehirnkrümmungen entsprechen theilweise den S. 52 erwähnten Krümmungen des Embryonalkörpers, theilweise scheinen sie sich aus dem frühen Auftreten des Tentorium cerebelli zu erklären, welches anfänglich eine fast senkrecht stehende Scheidewand durch die ganze Schädelhöhle darstellt. Auch die Falx cerebri entsteht sehr früh und betheiligt sich an der Gestaltung des embryonalen Gehirns.

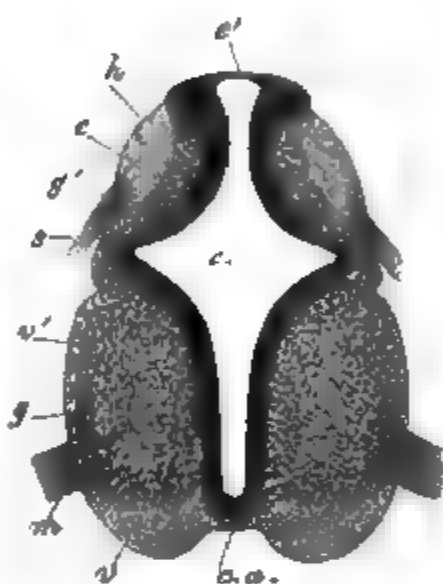
Anfänglich liegen die grossen Hemisphären vor dem Zwischenhirn, resp. den Sehhügeln, aber schon im zweiten Monat haben sie sich beim Menschen nach aussen und hinten so weit verlängert, dass sie jene theilweise bedecken. Im fünften Monat werden die Vierhügel (Mittelhirn) überwuchert, im sechsten Monat überragt das grosse Gehirn auch das Cerebellum. Die Oberfläche der Hemisphäre ist Anfangs ganz glatt, später faltet sie sich etwas ein, im fünften und sechsten Monat sind diese Falten wieder verschwunden, die Oberfläche vollkommen glatt. Vom siebenten und achten Monat an bilden sich die bleibenden Hirnwindungen durch Oberflächenwucherung der Hemisphären, ebenso auch am kleinen Gehirn. Eine erste der sich bildenden Furchen ist die Fossa Sylvii. Die Blase des Mittelhirns verengt sich allmählig zum Aquaeductus Sylvii. Aus der Basis des Mittelhirns bilden sich die Hirnstiele. Das Cerebellum entsteht aus zwei Blättchen, welche von den vordersten Abschnitten der Ränder der ursprünglichen dritten Hirnabtheilung

Fig. 260.



Dreimonatlicher menschlicher Embryo in natürlicher Grösse mit blossgelegtem Hirn und Mark. A Hemisphären des grossen Hirns, m Mittelhirn, c kleines Hirn. An der Medulla oblongata sieht man einen Rest der Membrana obturatoria ventriculi IV.

Fig. 261.



Querschnitt des Halsmarkes eines sechs Wochen alten menschlichen Embryo von 0,56" Höhe und 0,44" Breite am breitesten Theile, 50mal vergrössert. c Centralcanal, e epithelartige Auskleidung desselben, g vordere graue Substanz mit einem dunkleren Kern, aus dem die vordere nicht dargestellte Wurzel entspringt, g' hintere graue Substanz, a Vorderstrang, A Hinterstrang, ca Commissura anterior, m vordere, s hintere Wurzel, e' hinterer Theil des Vorderstranges (sogenannter Seitenstrang), e' dünner Theil der Auskleidung des Centralcanals in der hinteren Mittellinie.

gegen einander wachsen und im zweiten Monat in der hinteren Medianlinie zusammenstossen. Dadurch bildet sich eine kleine, horizontal liegende, anfänglich gleichmässig dicke Platte, später verdicken sich die Seitentheile mehr. Eine dünne, später schwindende Lamelle (Membrana obturatoria ventriculi quarti) verbindet um diese Zeit das Cerebellum mit dem verlängerten Mark und schliesst die Rautengrube grösstentheils. Am Ende des dritten und vierten Monats wölben sich die Seitentheile des Kleinhirns mehr und mehr und erhalten, und zwar zuerst am Wurm, die Lappen und Forchen.

Die aus dem Nachhirne sich bildende Medulla oblongata zeigt in frühen Perioden eine sehr bedeutende Grösse. Ihre einzelnen Abtheilungen sind schon im dritten Monat erkennbar.

Das Rückenmark füllt anfänglich den ganzen Rückgratscanal aus, erst vom vierten Monat an bleibt das Rückenmark gegen die Wirbelsäule im Wachsthum zurück, doch steht seine Spitze bei Abschluss des Embryonallebens noch in der Höhe des dritten Lendenwirbels. Durch das scheinbare

Höherrücken des Rückenmarks verlängern sich die anfänglich ebenfalls senkrecht abgehenden unteren Nervenwurzeln mehr und mehr, ihr Verlauf wird ein schiefer, und sie bilden endlich mit den 3 Häuten des Rückenmarks die Cauda equina.

Die Anlage des inneren Baues des Rückenmarks wird durch Figur 261 erläutert. — Nach der Schliessung der Rückenfurche bildet das Rückenmark einen Canal, dessen Wand aus gleichartigen, radiär angeordneten Zellen besteht. In der Folge scheidet sich die Wand in zwei Lagen, von denen die innere die Auskleidung des Centralcanals, die äussere die Anlage der grauen Masse darstellt. Die weisse Substanz tritt später als ein von den Zellen der grauen Substanz gelieferter Beleg auf. Während dann der Centralcanal sich von hinten nach vorn mehr und mehr verengt, nehmen graue und besonders weisse Substanz fortschreitend an

asse zu. Im zweiten Monat reicht der Centralcanal noch mit seinem Epithel bis an die Oberfläche.

Die Rückenmarkshäute sind Produktionen der Urwirbel. Pia und Dura mater sind im sechswöchentlichen menschlichen Embryo schon deutlich. Der subarachnoideale Raum ist erst eine spätere, durch das schon erwähnte relativ stärkere Wachsthum der Umhüllungen gegenüber dem Marke veranlasste Bildung. Die Arachnoidea ist deutlich gesondert erst im achten Monat zu unterscheiden.

## Zur vergleichenden Anatomie der nervösen Centralorgane und Nerven.

**Wirbellose Thiere (GEGENBAUR).** Bei den niedersten animalen Organismen, den Protozoen, sind bisher noch keine hierher zu rechnende Gebilde aufgefunden worden, ebenso wenig ist bei den festsitzenden Coelenteraten ein Nervensystem bekannt. Dagegen zeigen in solches die Medusen und Ctenophoren. Bei den Medusen bildet das Nervensystem einen längs des Scheibenrandes verlaufenden Faserring, der in regelmässigen Abständen anglienartige, zellenhaltige Anschwellungen erkennen lässt, welche den als Sinnesorgane zu deutenden Randkörpern entsprechen, und nervöse Fortsätze zu verschiedenen Körperorganen entsenden (AGASSIZ, F. MÜLLER).

Bei den Würmern zeigt sich der Nervenapparat je nach der speciellen Körperbildung verschieden. Seine Centren und seitlichen Abschnitte richten sich ihrer Zahl und Anordnung nach im Allgemeinen nach der Gliederung des Körpers. Bei allen liegen die wichtigsten nervösen Centralorgane im Vordertheile des Körpers und umkreisen häufig den Munddarm ringförmig: Schlundring, von hier aus strahlen Nervenstämme nach den seitlichen Theilen des Körpers.

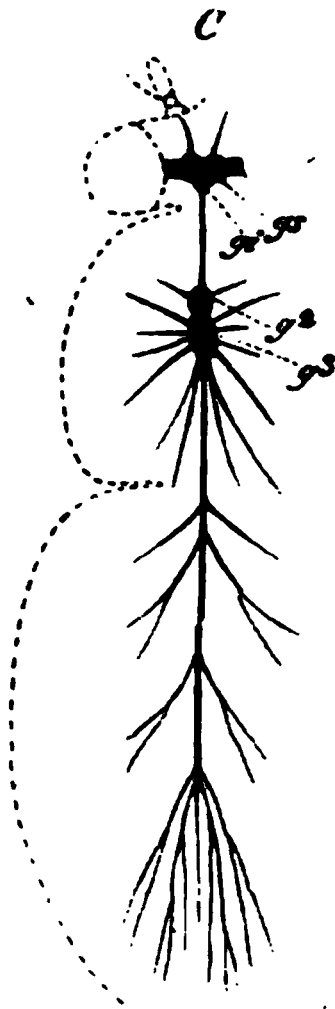
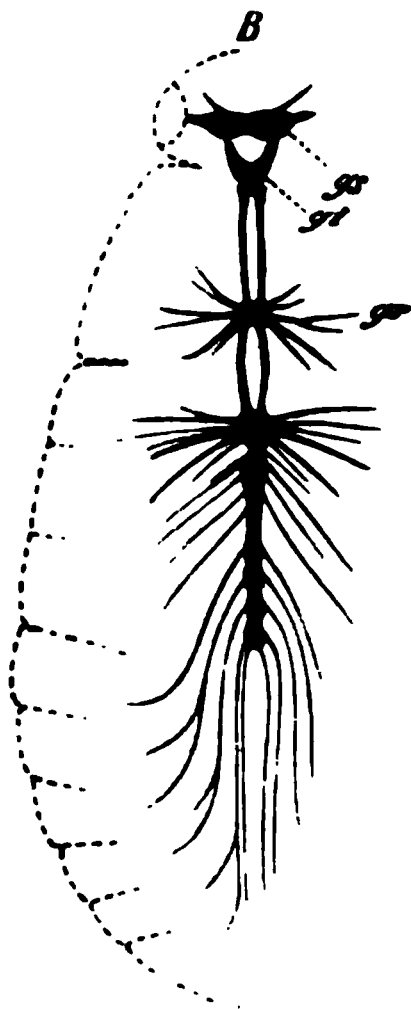
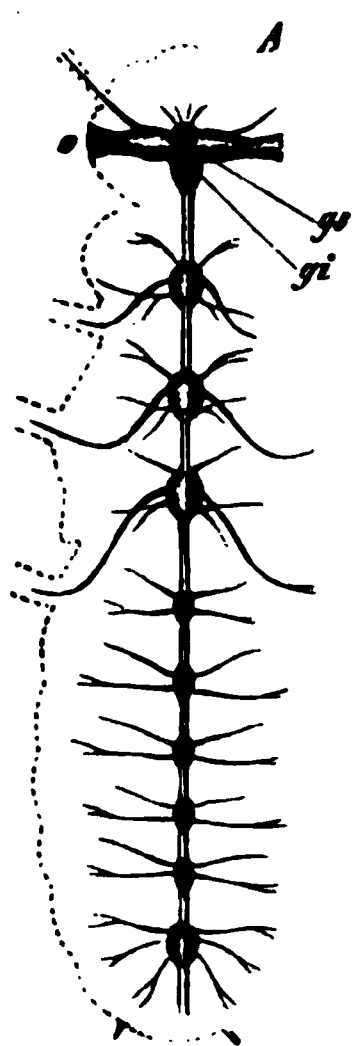
Auch die nervösen Centralorgane der Echinodermen bilden eine Art Schlundring. Dem Radius des Körpers entspricht ein nervöser Hauptstamm, alle laufen gegen den Schlund zusammen und werden hier vorwiegend durch Kommissurenfäden zu dem Schlundring verbunden. Die wichtigsten nervösen Centralorgane liegen bei diesen Thieren in den Nervenstämmen selbst, welche etwa in der Mitte ihres Verlaufs zu den von J. MÜLLER als Ambulacralgehirne bezeichneten Ganglien anschwellen und zahlreiche Nervenzweige abgeben lassen. Sowohl in den Ambulacralstämmen als im Schlundringe selbst finden sich zellige Elemente (HÄCKEL).

Während die Echinodermen in Beziehung auf das Nervensystem nicht ganz direct an die vorhergehenden Formen anknüpfen, zeigt das Nervensystem der Arthropoden sich dem der Anneliden ziemlich analog. Auch bei ihnen lagert über dem Schlunde eine vorzugsweise entwickelte Ganglienmasse als Kopfganglion oder Gehirn, welche, mit zwei Kommissuren den Schlund umgreifend, sich mit einem centralen Ganglion zu einem Nervenschlundring verbindet. Auf der Bauchseite erstreckt sich von dem letztgenannten Ganglion aus eine durch Längskommissuren zusammenhängende Ganglienkette: Bauchganglienkette, die je nach der Entwicklung der Gliedertheilung des Körpers mehr gleichmässig (z. B. bei den Myriaden) oder mehr oder weniger ungleichmässig erscheint (Insecten, Arachniden, viele Crustaceen). Je besser die höheren Sinneswerkzeuge, und unter diesen besonders die Augen entwickelt sind, um so höher ist die Ausbildung des Kopfganglions (Fig. 262).

Die Ganglien der Bauchganglienkette sind ursprünglich paarig angelegt, verschmelzen aber meist mehr oder weniger vollständig je zu einem grösseren Ganglion. Von diesen Ganglien oder hier und da auch von den Kommissuren derselben treten die peripherischen Nerven ab. In der Regel entspringen die Nerven der höheren Sinnesorgane (der Augen und Gehörorganen) von dem Kopfganglion. Die Hörorgane sind dagegen ihrer verschiedenen Lagerung entsprechend mit verschiedenen Nerven verbunden. In die Nerven der Eingeweide sind Ganglien eingebettet, so dass sie ein gewissermassen selbständiges System darstellen, welches functionell mit dem Sympathikus der Wirbelthiere verglichen werden kann.

Bei den Mollusken findet sich ebenfalls ein Nervenschlundring. Auf dem Anfang des Darmrohrs liegt eine paarige Ganglienmasse auf, unter dem Schlund lagert ebenfalls ein paarig gegliedertes Ganglion, alle stehen unter einander durch ringförmig verlaufende Verbindungsstränge in Zusammenhang. Aus dem Schlundring geht das peripherische Nervensystem hervor, in welches häufig zahlreiche kleine Ganglien eingelagert sind (Fig. 262). Die in den Armen der Cephalopoden verlaufenden Nervenstränge enthalten ebenfalls zahlreiche Ganglienzellen, welche nach der Abtrennung der Arme (z. B. Hectocotylus) noch als nervöse Centralorgane functioniren (G. COLASANTI).

Fig. 262.



Nervensystem von Insecten. A von Termes (nach LESPES). B eines Käfers (Dytiscus). C einer Fliege (nach BLANCHARD). *gs* Oberes Schlundganglion (Gehirnganglion). *gi* Unterer Schlundganglion. *gr g<sup>2</sup> g<sup>3</sup>* Verschmolzene Ganglien des Bauchmarks. *o* Augen.

Fig. 263.



Nervensystem von Aeolids. *gs* obere Schlundganglien. *gi* Kiemenganglien, zum Theil die unteren Schlundganglien, die dem oberen direct angefügt sind, verdeckend. *t* Ganglien des Tentakelnerven. *n* Nervenstämmen zu Füsse.

Bei den Wirbelthieren lagern die Centralorgane des Nervensystems in einem über der Axe des Rückgrates gelegenen, von dem oberen Bogensysteme desselben gebildeten Canale. Man trennt das nervöse Centralorgan im Rückenmark und Gehirn, nur bei den niedersten Formen der Wirbelthiere (Myxinoiden) wird diese Trennung undeutlicher. Im Allgemeinen stehen Rückenmark und Gehirn im umgekehrten Verhältniss der Ausbildung, bei den niederen Wirbelthierklassen überwiegt ersteres in seiner Masse oft beträchtlich, am deutlichsten zeigt sich das entgegengesetzte Verhalten bei dem Rückenmark und Gehirn des Menschen.

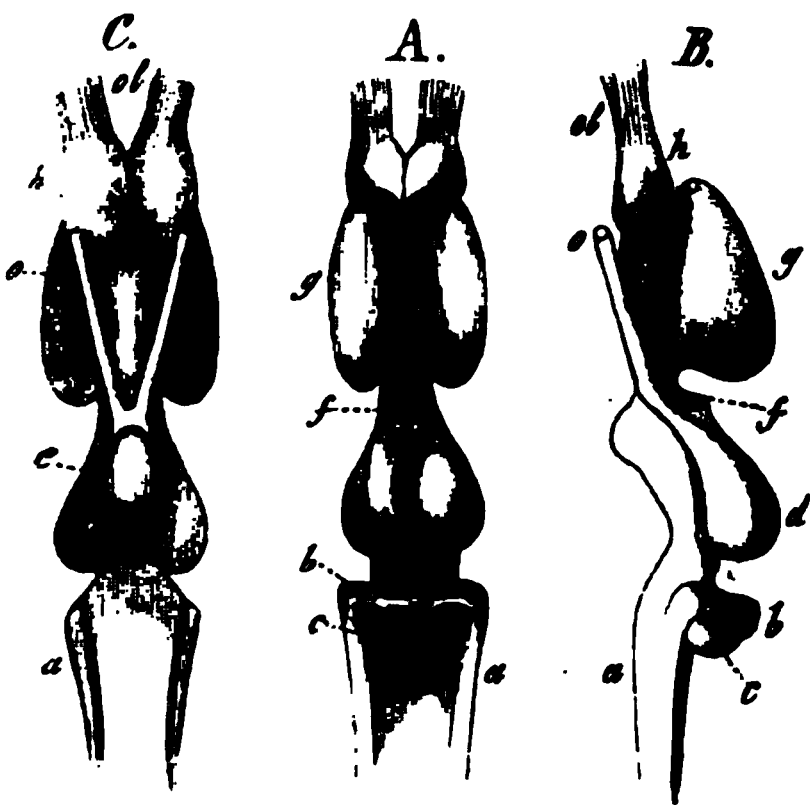
Die Gehirne der Fische bieten in ihren niedersten Formen (Cyclostomen und unter diesen vor allen Myxinoiden) die einfachsten Verhältnisse dar, die einzelnen Abschnitte verhalten sich bei ihnen ziemlich gleichartig. Bei den höher entwickelten Fischen zeichnet sich das Gehirn meist durch eine ansehnliche Entwicklung der Bulbi olfactorii aus, welche dann als wahre Gehirnklappen erscheinen. Unter den verschiedenen Abschnitten des Gehirns ist das dem Cerebellum entsprechende Hinterhirn am wenigsten entwickelt, es bildet meist nur eine quer über die Rautengrube verlaufende Kommissur, von der Mitte ragen öfters eine oder mehrere Protuberanzen in die Rautengrube vor (Fig. 264). Sowohl bei den Ganoiden als bei den Teleostiern füllt den grössten Theil des Schädelinnenraumes ein fettzellenhaltiges Bindegewebe aus, zwischen dem Periost der Schädelhöhle (Dura mater) und der eigentlichen



flüssigen Gehirnhülle (Pia mater) gelagert, demnach der Arachnoidea der höheren Wirbeliere entsprechend. Analog dringt er auch in die Rückgrathöhle vor. Bei manchen Fischen (z. B. *Carcharias*) zeigt das Mittelhirn durch »Faltung der Oberfläche« (cf. oben Entwicklungsgeschichte) gewissermassen Windungen. Die Medulla oblongata zeigt bei den Fischen eine bedeutende Breite und öfters weitere Differenzirungen, so erhält sich als ein grosser, zweitheiliger Lappen: Lobus electricus, z. B. bei den electrischen Rochen am *mus rhomboidalis* ein Theil des primitiven Daches.

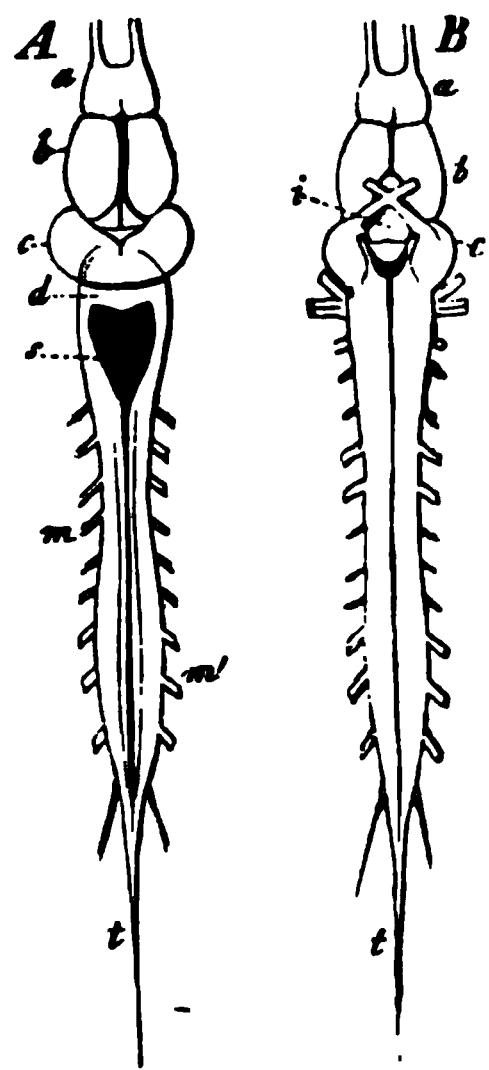
Bei den Amphibien zeigt das Vorderhirn eine Theilung in zwei Hemisphären, nach vorn sitzen, mehr oder weniger vom Vorderhirn differenzirt, die Lobi olfactorii an. Das Cerebellum (Nachhirn) zeigt noch keine höhere Entwicklung (Fig. 265).

Fig. 264.



Gehirn von *Polypterus bichir*. A Von oben. B Seitlich. Von unten. *h* Lobi olfactorii. *g* Vorderhirn. *f* Zwischenhirn. *d* Mittelhirn (Vierhügel). *bc* Hinterhirn. *a* Nachhirn (Medulla oblongata). *ol* N. olfactorius. *o* N. opticus. (Nach J. MÜLLER).

Fig. 265.



Gehirn und Rückenmark des Frosches. A Von oben. B Von unten. *a* Bulbi olfactorii. *b* Vorderhirn (Hemisphären). *c* Mittelhirn (Vierhügel). Zwischen *b* und *c* die Sehhügel. *d* Hinterhirn (Kleinhirn). *e* Nachhirn. *i* Infundibulum. *s* Rautengrube. *m* Rückenmark. *t* Filum terminale desselben.

Schon bei den Fischen ist eine Beugung in Zwischen- und Mittelhirn zu erkennen, bei Reptilien (Fig. 266) tritt sie noch deutlicher hervor, und in der Region des Nachhirns kommt eine zweite Beugung hinzu. Das Vorderhirn lagert sich in zwei entwickelten Hemisphären, an die sich nach vorn unmittelbar die Lobi olfactorii anschliessen, über das Zwischenhirn. Das Mittelhirn zeigt eine flache Längsfurche. Bei Schlangen und Eidechsen ist das Hinterhirn noch wenig höher entwickelt, bei den Schildkröten wird es breiter, und bei den Krokodilen beginnt eine Trennung in zwei Hemisphären. Noch weiter nähert sich das Gehirn der Vögel dem der Säugethiere, indem hier das Cerebellum das Nachhirn fast vollkommen deckt und sein mittlerer Abschnitt eine deutliche Ausbildung von querstehenden Blättern besitzt (Fig. 266). Bei Papageien finden sich Andeutungen von wahren Windungen auf der Gehirnoberfläche. Die Corpora striata zeigen sich schon bei den Amphibien, sie sind bei den Reptilien stärker entwickelt und bilden als von der seitlichen Wand in die Gehirnhöhle hereinwuchernde Ganglienmassen bei den Vögeln den grössten Theil des Vorderhirns.

Bei dem Gehirne der Säugethiere rücken die Bulbi olfactorii an die Unterfläche des Gehirns. Die Längsspalte, welche die Hemisphären trennt, zeigt auch vorn eine beträchtliche Tiefe. Die hinteren Abschnitte der Hemisphären entwickeln sich mehr und mehr. Am tiefsten

stehen die Gehirne der Monotremen und Beuteltiere. Bei Menschen und den höheren Affen überlagert das Vorderhirn auch das Cerebellum (Hinterhirn, es bildet sich dabei eine hintere Fortsetzung der Seitenventrikel aus, in welche der Pes hippocampi minor (Mensch, Orang) hereinragt. Bei Beuteltieren, Nagern und Insectenfressern werden die Vierhügel nicht vollkommen bedeckt. Die Oberfläche der grossen Hemisphären ist entweder glatt oder trägt mehr oder weniger denen des Menschen entsprechende Windungen. Ganz glatt ist die Oberfläche der Hemisphären bei Ornithorhynchus, bei carnivoren und insectivoren Beutlern

Fig. 266.



A Gehirn einer Schildkröte (nach BOJASUS). B Eines Vogels. Senkrechte Medianschnitte. I Vorderhirn, III Mittelhirn (Vierhügel), II Nachhirn, ol Olfactorius, o Opticus, h Hypophysis, a (in A) Verbindung beider Hemisphären des Mittelhirns, c Commissura anterior.

und Edentaten. Spuren von Windungen zeigen sich bei Echidna, den meisten Nagern, insectivoren, Chiropteren, bei manchen Prosimiae und Arctopithecii. Besser entwickelt sind sie bei den Carnivoren, dann folgen Cetaceen und Ungulaten. Bei den meisten Affen ist ihre Anordnung einfacher, bei den höheren Affen nähern sie sich mehr und mehr denen des Menschengehirns. Bei Delphinen und Elephanten sind die Windungen sehr zahlreich. Auch die Windungen des Cerebellum zeigen bedeutende Mannigfaltigkeiten, ihre Anordnung ist bei Ungulaten sehr auffallend unsymmetrisch. Bei Carnivoren findet sich Verknöcherung des Tentorium cerebelli.

Unter den Gehirnorganen verlangt noch das Chiasma nervorum opticorum Erwähnung. Es findet sich in verschiedener Entwicklung. Bei den Cyclostomen verlaufen die Optici jederseits zu dem betreffenden Auge und verbinden sich nur nahe an ihrer Austrittsstelle aus dem Gehirn durch eine Kommissur. Neben der Kommissur findet eine vollständige Durchkreuzung statt bei den Knochenfischen. Indem der eine meist über den anderen verläuft, gelangt der Opticus der rechten Hirnseite zum linken, der der linken Seite zum rechten Auge. In einigen Fällen, z. B. bei Clupea tritt der eine Opticus durch eine Spalte des andern hindurch. Bei den übrigen Fischen und Wirbelthieren scheint immer nur eine theilweise Kreuzung vorzukommen.

Durch Offenbleiben der Medullarrinne bildet sich auf der Lendenanschwellung des Rückenmarks der Vogel eine rautenförmige Einsenkung (Sinus rhomboidalis). Das Rückenmark füllt nicht den ganzen Winkelcanal aus, beim Frosch und bei Vögeln findet sich wie bei Säugern eine Cauda equina.

Die beiden Anschwellungen des Rückenmarks, an den Stellen, aus denen die Nerven der oberen und unteren Extremität hervorgehen, fehlen denjenigen Thieren, bei denen die Extremitäten verkümmert sind, z. B. den Schlangen und fusslosen Eidechsen.

## II. Sympathicus.

### Zum Bau des Sympathicus.

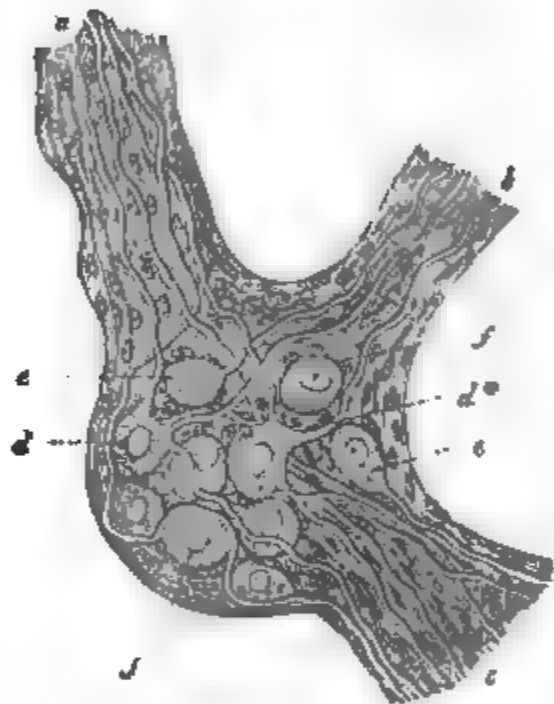
Wir finden an vielen Stellen des Körpers ausserhalb der eigentlichen nervösen Centralorgane Ganglienzellen, einzeln oder in Gruppen vereinigt mit Nervenfasern in Verbindung stehend. Man pflegt die Gesamtheit dieser Gebilde, das sympathische Nervensystem, als ein nervöses Centralorgan von analoger Dignität wie Rückenmark und Gehirn anzusprechen.

Sympathische Ganglienzellen (Fig. 267) finden sich vor Allem an den der willkür entzogenen Bewegungsorganen und Sekretionsorganen des Körpers, so vor Allem an den Drüsen, in den glatten Muskelfasern; sie bewegen den Darm und alle Eingeweide, das Herz (der einzige Fall der Beeinflussung quergestreifter Muskelfasern durch den Sympathicus) etc., sie kommen aber auch sonst am peripherischen Nervensystem in ziemlicher Menge vor. In den nervösen Endapparaten der Sinnesorgane trafen wir überall auf Zellen, welche sich durch den Zusammenhang mit Nervenfasern als wahre Nerven- oder Ganglienzellen documentirten.

Die genannten Bewegungsorgane haben ihre Ganglienzellen gleichsam kleine, eigene Gehirne und Rückenmarke, d. h. nervöse Centralapparate, die ihre Bewegungen vermitteln, doch dann noch, wenn die betreffenden Organe dem Einfluss der grossen Nervencentren entzogen sind. Ein ausgeschnittenes Froschherz blüht noch, angetrieben durch die in ihm gelegenen Ganglien, stundenlang fort; nach der Zerstörung des Rückenmarkes bei Fröschen können die organischen Vorgänge der Verdauung, der Sekretionen, der Blutcirculation, der grösste Theil der unwillkürlichen Bewegungen noch ihren Fortgang (BIDDER).

Diese Zellen und Nervenfasern, auf deren stillem Einflusse die eigentlich organischen, unwillkürlichen Bewegungen und Vorgänge im höheren animalen Organismus beruhen, stehen trotz ihrer funktionellen Sonderung doch mit dem Centralnervensystem in Verbindung. So unbewusst im normalen Verlaufe die unserem Willen nicht unterworfenen Thätigkeiten unseres Körpers vor sich gehen, so schmerzlich können sie sich bei krankhaften Störungen der Organfunktionen unserem Bewusstsein aufdrängen zum Beweise, dass die Nerven der betreffenden Organe, wenn sie auch in Folge des Besitzes ihrer eigenen Ganglien eine gewisse Selbständigkeit zu erkennen geben, doch mit dem Sensorium

Fig. 267.



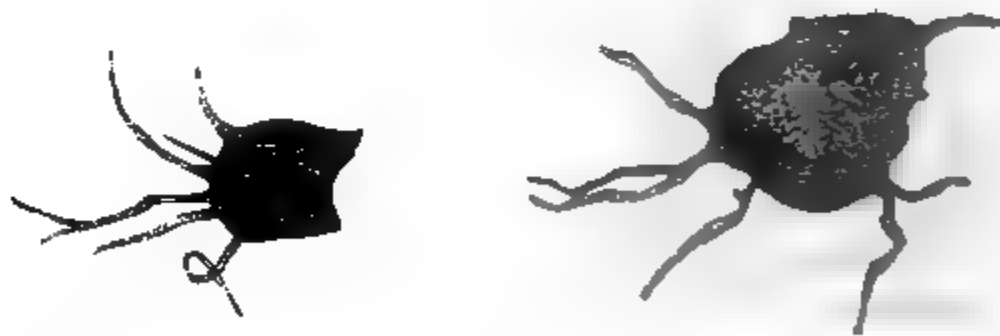
Ein sympathisches Ganglion des Säugethieres, schematisirt. a, b, c Die Nervenstämme; d multipolare Zellen (d' eine mit sich theilende multipolare Zelle); e unipolare; f apolare.

oder vielmehr mit den Zellen der grauen Masse der Grosshirnhemisphären in directem Zusammenhange stehen. Diese Verbindung documentirt sich auch darin, dass wir, obgleich uns ein directer willkürlicher Einfluss auf diese Gangliennerven nicht zukommt, ihre Thätigkeit doch gleichsam auf Umwegen zu modificiren vermögen, wofür der Einfluss spricht, den unsere Gemüthsstimmung, z. B. auf die Herzbewegung oder die Verdauung auszuüben vermag.

In anatomischer Beziehung rechtfertigt sich die systematische Abtrennung der sympathischen Nervenzellen und Nerven von dem centralen Nervensystem dadurch, dass sie durch eine Anzahl in ihren Ganglien entspringender Nervenfasern, Ganglienfasern des Sympathicus, wirklich eine Selbständigkeit für sich in Anspruch nehmen. Doch nehmen sie auch eine bedeutende Anzahl von Fasern in sich auf, durch die sie mit dem Gehirn und Rückenmarke in Verbindung stehen. Die Hauptmasse des Sympathicus ist bei dem Menschen in zwei Strängen vereinigt, von denen man jeden als Grenzstrang des Sympathicus bezeichnet. In regelmässigen Abständen schwillt er zu Ganglien, Zellenanhäufungen, an, welche neben den Ganglienzellen aus in diesen entstandenen Nervenfasern und aus einer Anzahl in das Ganglion eintretender Rückenmarksfasern bestehen. Der Sympathicus ist also (Gegenbaur) ein Abschnitt des peripherischen Nervensystems, der sich durch Verbindung mit zahlreichen Ganglien zu einem gewissen Grade von Selbständigkeit erhebt. Seine Zweige versorgen vorzugsweise die Ernährungsapparate (Darmcanal, Gefässsystem, Athmungsorgane) und den Urogenitalapparat. Im Allgemeinen zeigt sich der Bau des sympathischen Nervensystems in der Art, dass Zweige von Rückenmarks- oder Hirnnerven zu Ganglien herantreten, welche durch Längsnervenstränge unter sich in Verbindung stehen und selbst Nervenäste abgeben. Die cerebrospinalen Wurzeln der Ganglien kann man so als Eingeweideäste der Cerebrospinalnerven betrachten, welche vor ihrer Verzweigung aus den Ganglien neue Elemente beigemischt erhalten. Indem sich die einzelnen nach den Wirbelsegmenten geordneten Ganglien durch Commissuren verbinden, kommt die Bildung der Grenzstränge des Sympathicus zu Stande.

Die Ganglien oder Nervenknotten des Sympathicus (S. Mayer) sind von einer bindegewebigen, Blutgefässe führenden Hülle, welche Fortsätze in das Innere

Fig. 268.



Zwei multipolare Zellen, eine vom Kind, eine vom Erwachsenen.

zwischen die einzelnen Zellen entsendet, umschlossen. Jedes Ganglion hat einen zu- und einen abtretenden Nerven, deren Fasern die Nervenzellen meist sehr unregelmässig umlaufen.

Die sympathische Ganglienzelle zeigt im Allgemeinen die Eigen-

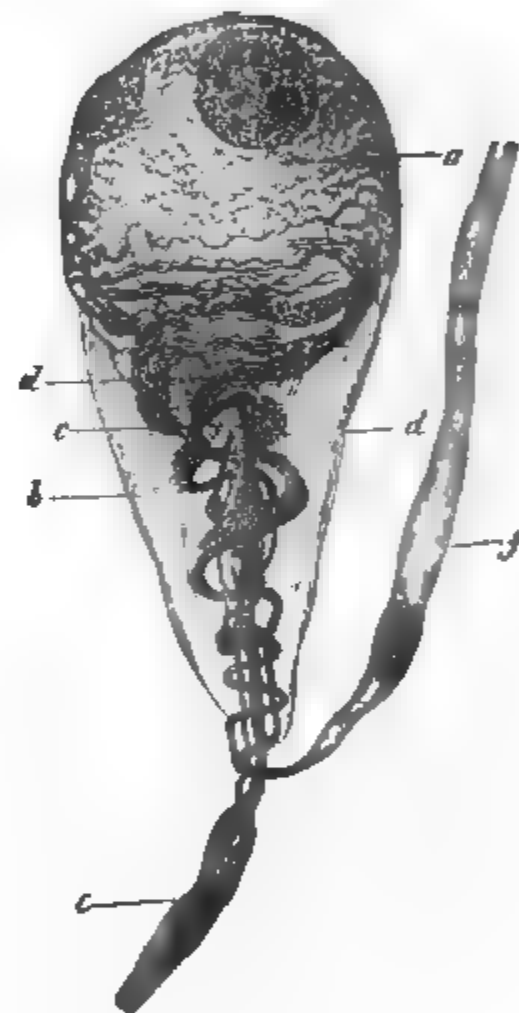
schaften der cerebrospinalen Nervenzellen, doch finden sich je nach ihrer Lagerung ziemlich Formenverschiedenheiten. Am öftersten ist ihre Gestalt oval, rund, birnförmig oder spindelförmig, manche zeigen eine rechteckige Begrenzung [im Ganglion coeliacum (BIDDER) und an anderen Orten (S. MAYER)]. Die sympathische Ganglienzelle besitzt keine Zellenmembran, doch ist sie von einer bindegewebigen, der SCHWANN'schen Nervenscheide analogen Kapsel umgeben, welche nach FRÄNZEL beim Menschen und verschiedenen Thieren auf der Innenfläche ein polygonales Plattenepithel trägt. Vom Kern und Kernkörperchen ausstrahlend finden sich in der Zellsubstanz zahlreiche Fibrillen, Fädchen (ARNOLD, COURVOISIER, S. MAYER), welche die oft doppelt in einer Zelle vorkommenden Kerne mit einander in Verbindung setzen (BIDDER, S. MAYER).

KÖLLIKER u. A. behaupten das Vorkommen apolarer sympathischer Zellen. An der Mehrzahl der Zellen lassen sich aber sicher mehrere Ausläufer nachweisen, denen der cerebrospinalen Zellen entsprechend. Doch ist die Anordnung der Fortsätze meist eine andere als bei jenen. Nur hier und da scheint ein Axencylinderfortsatz oder sogar mehrere neben verästelten Fortsätzen aus der Zelle hervorzutreten. Oft entspringen (bei Fröschen und Säugethieren) aus dem schmalen Ende glockenförmig gestalteter Nervenzellen zwei Fasern, die eine läuft in gerader Richtung fort: gerade Faser, die andere legt sich in mehr oder weniger ausgesprochenen Spiraltouren um die erstere herum: Spiralfaser. Beide gehen schliesslich in wahre Nervenfasern über und trennen sich in ihrem weiteren Verlauf (BEALE, ARNOLD, COURVOISIER, KOLLMANN u. A.). Die gerade Faser soll aus dem Kern oder Kernkörperchen entspringen. Die Spiralfaser geht aus dem in der Zelle gelegenen Fasernetze hervor. Nach COURVOISIER's Durchschneidungsversuchen soll die gerade Faser cerebrospinal, die Spiralfaser sympathisch sein, BIDDER nimmt das Gegentheil an.

Im Sympathicus finden sich alle Gattungen von Nervenfasern, vor Allem feine und mittelstarke markhaltige Fasern und die oben beschriebenen verschiedenen Formen markloser Fasern.

**Zur vergleichenden Anatomie.** — Den Leptocardiern scheint das sympathische Nervensystem zu fehlen, auch bei den Cyclostomen ist sein Verhalten noch wenig aufgeklärt. Unter den Fischen findet sich bei den Selachiern der Grenzstrang längs der Leibeshöhle, bei Teleostiern ragt er in die Caudalregion. Wenig ausgebildet ist der Grenzstrang bei den Schlangen, sie besitzen auf grössere Strecken einfache Rami intestinales. Bei Krokodilen und Vögeln trennen sich am Halstheile die Längsstämme, der Hauptstamm liegt im Vertebralcanal, der Sympathicus medius begleitet die Carotiden, hängt aber an mehreren Stellen durch Quer-

Fig. 269.



Ganglienzelle aus dem Sympathicus des Laubfrosches (nach BEALE). a Zellkörper; b Hülle, c gerade nervöse Faser und d spiralförmige Fasern; Fortsetzung der ersteren e und der letzteren f.



verbindungen mit dem tieferen Strange zusammen. Ein analoges Verhalten zeigen die Schildkröten. Bei Säugethieren lagert der Sympathicus ähnlich wie bei dem Menschen. Ueber das Eingeweidennervensystem der wirbellosen Thiere (Arthropoden) cf. oben S. 908.

### Physiologische Wirkungen des Sympathicus.

Die Physiologie des Sympathicus stimmt in ihren Grundgesetzen mit der des cerebrospinalen Systems überein. In Beziehung auf die Reiz- und Durchschneidungsversuche am Sympathicus muss daran erinnert werden, dass diese bis jetzt nur den Durchtritt von Fasern mit gewissen physiologischen Funktionen durch ihn erweisen, über deren (wohl vielfach cerebrospinalen) Ursprung aber zunächst Nichts aussagen.

Unter den im Sympathicus verlaufenden Nervenfasern können wir sekretorische, motorische und excitomotorische Fasern unterscheiden, wie man in Beziehung auf die Reflexthätigkeitserregung die centripetal leitenden sensitive Fasern zu nennen pflegt. Der wesentlichste Unterschied, der zwischen den beiden Systemen existirt, ist die mangelnde Verbindung der motorischen sympathischen Fasern mit den Bewegungskentren des Willens (die von ihnen vermittelten Bewegungen sind unwillkürlich) und dann die geringe Wegsamkeit, welche die sensiblen Bahnen — Nervenfasern — zeigen, mit denen der Sympathicus mit den Empfindungsmittelpunkten des Sensoriums zusammenhängt. Die Reize müssen sehr starke, krankhafte sein, bis einmal die durch sie gesetzte Veränderung in den sensiblen Fasern zum Bewusstsein gelangen kann.

CL. BERNARD gab an, im Systeme des Sympathicus selbst einen Reflexvorgang aufgefunden zu haben. Auf Geschmacksreize der Schleimhaut des Mundes geht die Speichelsekretion in gesteigertem Maasse vor sich. Man kann sich diesen Vorgang veranschaulichen, indem man annimmt, dass von den sensiblen Mundnerven aus ein Reiz reflektirt wird auf die sekretorischen Fasern der Speicheldrüsen. Die Submaxillardrüse erhält wie die anderen Speicheldrüsen ihre Nerven aus zwei Quellen: sympathische und cerebrospinale. Die letzteren verlaufen für sie in der Chorda tympani zum Lingualis, das betreffende Stück des letzteren wird Truncus tympanico-lingualis genannt. Von diesem treten die Nerven in das Ganglion submaxillare ein und von da in die Drüse. Mit der Durchschneidung des Truncus tympanico-lingualis ist also die Verbindung der Drüse mit dem Centralnervensystem aufgehoben, trotzdem findet der Reflexvorgang auf Reizung hier auch dann noch statt, zum Beweise, dass derselbe in dem Ganglion submaxillare selbst, dem einzigen noch übrigen nervösen Centralorgane, seinen Sitz hat. ECKHARD zweifelt jedoch nach Experimenten die Thatsache an (S. 1032).

Ausser diesem noch zweifelhaften Reflexvorgange finden sich im Sympathicus automatische Bewegungs- und Sekretionscentren.

Wir haben die allein vom Sympathicus abhängenden Bewegungen des ausgeschnittenen Herzens erwähnt. Die Forschung unterscheidet zwei solche automatische Centren im Herzen, die in ihrem Thätigkeitserfolge einander entgegengesetzt sind. Das eine automatische Centrum bewirkt durch seine Erregung

die rhythmischen Bewegungen des Herzens. Das andere wirkt hemmend auf die durch das erste eingeleiteten Bewegungen.

Wir haben hier ein Beispiel der Thätigkeit jener eigenthümlichen Nerven-  
gruppe, welche durch ihre Erregung, anstatt Thätigkeit der mit ihnen verbun-  
denen Organe auszulösen, bestehende Bewegungen in ihnen verlangsamt oder  
vernichtet: der sogenannten Hemmungsnerven. Wir lernten als ein der-  
artiges nervöses Organ das Reflexhemmungscentrum im Gehirne kennen, wodurch  
der Wille in cerebrospinalen Nervenbahnen Bewegungen zu unterdrücken  
vermag. Hier haben wir ein Hemmungsorgan im sympathischen Systeme im  
Herzen selbst gelegen, auf seiner Thätigkeit beruht die regelmässige Rhythmik  
der Herzbewegung, stärkere Reizzustände in ihm können die Herzbewegung  
sogar vollkommen aufhören machen. Der Vagus besitzt einen Einfluss auf  
dieses Hemmungscentrum im Herzen, indem seine Erregung die Erregung des-  
selben und damit Verlangsamung und schliesslich völliges Aufhören der Bewe-  
gungen des Herzens veranlasst. Der Vagus wird dieser Wirkung wegen als  
Hemmungsnerv beschrieben. Ausser dem Vagus und dem Reflexhemmungs-  
centrum wird noch ein Hemmungsnerv dem sympathischen Systeme zuge-  
rechnet. PFLÜGER fand, dass Reizung des Splanchnicus major die peristal-  
tischen, vom Sympathicus abhängigen Bewegungen des Darmes aufhebt.

Wir sahen im cerebrospinalen Systeme die einzelnen Bewegungen der von  
ihm abhängigen Organe zu für den Organismus zweckmässigen Bewegungs-  
gruppen verbunden, und sahen, dass wir dafür Coordinationscentren  
voraussetzen müssen, welche durch einen einzigen äusseren Anstoss in Ge-  
sammtthätigkeit gerathen können. Solche geordnete Bewegungen zeigen auch  
die vom Sympathicus versorgten Organe, so dass wir auch in ihm Coordinations-  
centren voraussetzen müssen. Eine solche coordinirte Bewegung zeigt, wie wir  
gesehen, vor allem das Herz, dessen einzelne Abschnitte sich in zweckmässiger  
Reihenfolge zusammenziehen und erschlaffen. Auch die peristaltischen Darm-  
bewegungen sind dafür ein Beispiel, bei denen auch in einer für den Gesamt-  
organismus, für die Fortbewegung des Darminhaltes zweckmässigen Weise sich  
die Contractionen über das gesamte Darmrohr hinwegziehen. Auch die Con-  
tractionen der übrigen Eingeweide, z. B. des schwangeren Uterus bei der Ge-  
burt, sind hierher zu rechnen.

Das sympathische System steht, wie wir gesehen haben, in vielseitigem  
Zusammenhang mit dem cerebrospinalen Systeme. Die Einwirkung des Vagus  
auf die Herzbewegung ist dafür ein experimenteller Beweis, ebenso die Ein-  
wirkung der sensiblen Reizung der Mundschleimhaut auf die Submaxillardrüse.  
Auch vom sympathischen Systeme aus werden fort und fort cerebrospinalen  
Nervencentren Erregungszustände zugeleitet. Wir sprachen oben von der Ein-  
wirkung der durch den Vagus dem Athemcentrum zugeleiteten Erregung,  
welche zum Theil im sympathischen Systeme, das die Eingeweide innervirt,  
ihren Grund hat.

Auf den Bahnen des Sympathicus werden der glatten Muskulatur der Blut-  
gefässe die cerebrospinalen Erregungen zugeleitet. Ihr normaler Contractions-  
zustand, in dem wir sie in normalem Verhalten verharren sehen (Tonus) ist  
von der Einwirkung des Sympathicus abhängig; in letzterem laufen Nerven,  
nach deren Durchschneidung sich die Gefässe durch Erschlaffung ihrer Muskel-

wände, die nun dem Blutdruck nachgeben, erweitern. Das bekannteste, experimentelle Beispiel für diese Wirkung des Sympathicus ist der Erfolg seiner Durchschneidung am Halse (CL. BERNARD), auf welche eine Erweiterung der Blutgefäße, mit gesteigerter Wärmeabgabe an den davon betroffenen Stellen auf der ganzen betroffenen Kopfseite erfolgt. Reizt man dagegen den Sympathicus, so ziehen sich die von der gereizten Stelle versorgten Arterien zusammen. Gleichzeitig zeigen sich dabei natürlich seine Einflüsse auf alle von ihm innervirten Organe. A. v. BEZOLD zeigte, dass Sympathicusreizung am Halse den Rhythmus der Herzbewegung beschleunige. Wir sahen, dass gleichzeitig die Speichelabsonderung erregt wird und eine veränderte chemische Richtung erhält, dabei zeigt sich die Pupille erweitert.

KNOLL hat nachgewiesen, dass die auf electriche Reizung der Vierhügel eintretende Erweiterung beider Pupillen ausbleibt, wenn der Sympathicus am Halse durchschnitten ist.

Die Reizung des Brust- und Bauchtheils des Sympathicus, sowie seines Plexus veranlasst: Bewegungen des Darmes, der Harn- und Geschlechtsorgane, gleichzeitig mit Beeinflussung der Arterienmuskulatur. Auch die Milz soll sich durch Reizung des Plexus lienalis zusammenziehen und verkleinern.

Der Sympathicus hat sekretorische Fasern für die Speicheldrüsen und die Thränendrüse. Einflüsse auf eine Anzahl anderer Sekretionen werden vernuthet.

Ausser den bisher besprochenen Wirkungen werden dem Sympathicus auch trophische, ernährende Einflüsse auf die Organe zugeschrieben. Man glaubt, dass eine regelmässige Innervation vom sympathischen Nervensysteme aus nothwendig sei, um die Organernährung in richtiger Weise vor sich gehen zu lassen. Man deutet in diesem Sinne die allgemeine Verbreitung der sympathischen Fasern, die sich sogar in die cerebrospinalen Nervencentren zu diesem Zwecke hineinbegeben. In gewissem Sinne können auch den motorischen und sekretorischen Fasern trophische Einflüsse zugeschrieben werden. Wir wissen, dass Nichtgebrauch, mangelnde Innervation, die Organe atrophiren, fettig entarten lässt. Die Lähmung (Durchschneidung) der motorischen und sekretorischen Fasern hat daher stets Ernährungsstörungen in den gelähmten Organen im Gefolge.

## Zusammenstellung der Versuchsergebnisse über die Sympathicuswirkung.

### I. Kopftheil des Sympathicus.

Der Reflexvorgang im Ganglion submaxillare (G. linguale) (BERNARD). Wenn man den Nervus lingualis (Truncus tympanico-lingualis) vor seiner Verbindung mit dem Ganglion durchschneidet, so dass dadurch der Zusammenhang des N. lingualis mit dem Gehirn, nicht aber mit dem Ganglion aufgehoben ist, so kann man durch chemische und electriche Reizung der peripherischen Zweige dieses Nerven noch Speichelabsonderung erregen. ECKHARDT streitet die Wirkung der chemischen Reize an, und will die auch von ihm gesehene Wirkung der elektrischen Reizung auf Stromschleifen zurückführen, welche die Speichelnerven direct erregen.

## II. Halstheil des Sympathicus.

**Wirkung des Sympathicus auf die Pupille.** Nach nicht zu tiefer Durchschneidung des Grenzstranges beobachtet man, wenn die durch den Reiz der Durchschneidung zunächst gesetzte Erweiterung der Pupille vorüber gegangen ist, bleibende Pupillenverengung. Reizt man den centralen Sympathicusstumpf, so tritt Pupillenerweiterung ein. Die Verengung der Pupille erfolgt also durch das Aufhören eines durch den Sympathicus geleiteten Nervenreizes (VALENTIN, BIFFI). BUDGE fand, dass auf Reizung die Erweiterung der Pupille (beim Kaninchen und Hunde) nur vom unteren Halsganglion aufwärts erfolgt, und dass die im Grenzstrang aufsteigenden, die Pupille beeinflussenden Fasern aus dem Rückenmarke stammen und zwar direct aus dem Stücke desselben, das zwischen den ersten drei Brustwirbeln eingeschlossen ist: Centrum ciliospinale; über ein höher gelegenes Centrum derselben Function cf. oben. Auch nach Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt bleibende Pupillarverengung in noch höherem Grade als nach Sympathicusdurchschneidung ein. Reizung des centralen Sympathicusstammes hat ein Hervortreten des Augapfels aus der Augenhöhle: Exophthalmus, zur Folge.

Die Durchschneidung des Sympathicus am Halse erhöht die Temperatur am Kopf und Halse. Es erfolgt dieses durch Lähmung der Gefäßmuskeln und dadurch gesteigerten Blutandrang (vasomotorische Fasern, aus dem Cerebrospinalsystem).

Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Halssympathicusstammes erregt Absonderung in den Speicheldrüsen und der Thränendrüse (sekretorische Fasern).

Nach Reizung des Sympathicus am Halse erfolgt Beschleunigung des Herzschlages (beschleunigende Fasern für das Herz).

Weiter wird von den Brüdern CROX angegeben, dass durch den dritten Ast des untersten Halsganglions (und das häufig mit demselben vereinigte Ganglion stellatum, das oberste Brustganglion) beschleunigende Fasern zum Herzen geleitet werden. Der erste und zweite Ast sollen die Ursprünge der depressorischen Fasern sein. In dem Halstheile des Sympathicus sollen auch sogenannte pressorische Fasern verlaufen, welche das cerebrospinale Gefäßcentrum erregen. Er soll auch zum Cerebrospinalsysteme verlaufende hemmende Fasern für die Herzbewegung enthalten (cf. Herz und Gefäßnerven).

## III. Brust- und Bauchtheil des Sympathicus.

Das oberste Brustganglion, Ganglion stellatum, das oft mit dem letzten Halsganglion verbunden ist, führt beschleunigende Nervenfasern dem Herzen zu, sie gelangen durch den Halsgrenzstrang und durch die mit der Arteria vertebralis verlaufenden Fasern zum Ganglion (A. VON BEZOLD und BEVER). Der Plexus cardiacus enthält vom und zum Herzen verlaufende Nervenfasern vom Vagus, Depressor, Sympathicus.

**Nervi splanchnici.** Sie sind überwiegend cerebrospinaler Natur (RÜDINGER). Sie üben a) eine hemmende Einwirkung auf die Darmbewegungen, die sie aber (LUDWIG, NASSE u. A.) unter Umständen auch anregen können. b) Sie erregen rhythmische Arteriencontractionen und steigern dadurch den Druck im arteriellen Blutgefäßsystem (v. BEZOLD) und führen überhaupt die vasomotorischen Fasern für die Unterleibsgefäße. Sie sollen auch centripetal verlaufende Fasern haben, welche reflektorisch hemmend auf das Herz wirken. c) Man behauptet (BERNARD), dass nach Durchschneidung des Nervus splanchnicus major beim Kaninchen der Harn reichlicher aus den Ureteren abfließe; Reizung des peripherischen Endes vermindere den Harnabfluss. d) GRÄFE und ECKHARDT behaupten, dass nach Splanchnicusdurchschneidung Zucker im Harne auftrete.

**Ganglien des Grenzstranges.** Nach BERNARD sollen die Fasern, welche, im Halstheile des Sympathicus verlaufend, die Gefäßweite und Temperaturabgabe am Halse und

Kopf reguliren (cf. oben), wahrscheinlich vom zweiten Ganglion des Bruststammes kommen. Für die vorderen Extremitäten sollen die Fasern mit der gleichen Function aus dem ersten Brustganglion austreten. Vielleicht haben die übrigen Ganglien in der Brust eine ähnliche Aufgabe für Brust und Rücken. Die Regulirung der Temperaturabgabe und der Gefäßweite der unteren Extremitäten (BERNARD) erfolgt durch Wirkung der Ganglien, welche mit dem Lumbosacralgeflecht in Verbindung stehen.

Reizung des Bauchtheils des Grenzstranges und seiner Plexus soll in den benachbarten Organen Bewegung veranlassen oder vorhandene verstärken. Darm, Milz, Uteren, Harnblase, Uterus, Samenblasen sollen unter diesem Einfluss stehen. Nach Durchschneidung sah man Circulations- und trophische Störungen. Auf Exstirpation des Ganglion cardiacum beobachtete LAMANSKI temporäre Verdauungsschwäche (Entleerung unverdauter Nahrung). Eine Reihe von Forschern (FRANKENHÄUSER u. A.) haben sich mit der Erregung der Contractionen des Uterus beschäftigt. Letztere treten ein durch Reizung der Plexus hypogastrici, aber ebenso durch Reizung am ganzen Rückenmark und am Kleinhirn, wo möglicher Weise das automatische Bewegungscentrum liegt. Die cerebrospinalen Fasern erhält der Uterus vorzüglich aus dem Abschnitt, der dem letzten Brustwirbel und dem 3. und 4. Lendenwirbel entspricht.

Die Nebennieren werden von Einigen dem sympathischen Systeme beigezählt, da sie sehr reich an Nervenzellen sind. Nach ADDISON stehen sie mit der Pigmentbildung in einem unaufgehellten Zusammenhang, ihre Entartung soll eine abnorm dunkle Färbung der Haut veranlassen (Bronzed skin, ADDISON'sche Krankheit).

---



# Physiologie der Zeugungsdrüsen.

## Siebenundzwanzigstes Capitel.

### Die Zeugungsdrüsen. Hoden und Eierstock.

---

#### Die Function der Zeugungsdrüsen.

Die Zeugungsdrüsen sind in ihrer Function wesentlich von den bisher besprochenen Drüsen verschieden. Ihre Bestimmung ist nicht wie die fast aller übrigen Körperorgane auf die Erhaltung des Individuums, sondern auf die Erhaltung und Fortpflanzung der Species gerichtet. Und auch noch weitere nicht weniger durchgreifende Unterschiede scheinen zu existiren. Während die Mehrzahl der sonstigen Drüsensekrete amorphe Flüssigkeiten sind, erscheinen bei den Zeugungsdrüsen als das Wesentliche der Ausscheidungen geformte Bestandtheile, Zellen oder Körper von der Dignität einer Zelle, die Eizellen und die Samenfäden, die nach den neuesten Beobachtungen als »kleine Flimmerzellen« (PFLÜGER) bezeichnet werden dürfen. Die amorphen Drüsensekrete haben zunächst gewisse chemische Wirkungen auf Bestandtheile des Organismus selbst oder auf die zur Einverleibung in den Körper bestimmten Nahrungsstoffe auszuüben; die Thätigkeit der Zeugungsdrüsen gipfelt sich dagegen in formativen Leistungen. Wir sehen männliche und weibliche Keimzellen mechanisch mit einander verschmelzen, um die Grundlage eines neuen Zellenbaues zu werden.

Wir dürfen hier aber nicht vergessen, dass die Thätigkeit auch einer Reihe anderer Drüsen, der Lymphdrüsen und Blutbildungsdrüsen vornehmlich, auch in der Produktion von Zellen besteht, die kaum weniger als die einzelnen Keimzellen bis zu einem gewissen Grade ein individuelles Leben führen. Wir sehen die Lymphzellen physiologisch umgestaltend, z. B. auf die in der Verdauung aufgenommenen Flüssigkeiten einwirken, denen sie erst das Gepräge des Lebens aufdrücken; die Beobachtungen COHNHEIM's u. A. haben uns gelehrt, dass solche aus dem Gefäßsystem in die Gewebe ausgetretene und dadurch gleichsam selbständig gewordene Zellen ihr individuelles Leben noch weiter documentiren durch Bildung neuer Zellen, die sich sogar an dem Gewébsaufbau betheiligen können. Der Unterschied zwischen den formativen Leistungen der

Keimzellen und der Zellen aus anderen Drüsen und Körperorganen scheint also vor Allem darin zu beruhen, dass die letzteren doch meist nur Zellen produciren, die den Mutterzellen analog sind, während die Vermehrung der Keimzellen die verschiedenartigsten Zellen, Gewebe, Organe hervorbringt, welche alle sich zu einem Gesamtorganismus gruppiren, derselben Art, wie diejenigen, von denen die Keimzellen stammten.

Doch auch dieser Unterschied erleidet bei der Vergleichung der Zeugungs- und Neubildungsvorgänge in der Thierreihe die wesentlichste Beschränkung. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch freiwillige Theilung und Sprossung, und vor Allem die Fähigkeit der Reproduktion ganzer verlorener Organe, welche im Thierreiche so verbreitet ist, und die z. B. bei den Hydren darin gipfelt, dass willkürlich abgetrennte Stücke wieder zu einem vollkommenen Gesamtindividuum auswachsen können, beweisen, dass die Fähigkeit zur Bildung heterogener Zellen und Gewebe, welche in der Bildung eines neuen Individuums ihren Höhepunkt erreicht, nicht allein den Keimzellen, sondern im Principe jeder einzelnen vollkommen lebensfähigen Zelle des Organismus zugeschrieben werden darf. Die bei den Wirbelthieren nothwendige Vereinigung der Eier mit dem männlichen Keime kann hiegegen keinen Einwurf begründen. Die Betrachtung des Zellenlebens im ersten Capitel hat uns gezeigt, dass zur Zellvermehrung, auf welcher auch die Entstehung eines neuen Gesamtorganismus aus den Keimzellen beruht, eine Konjugation zweier heterogener Protoplasma-körper: der Eizelle und der Samenkörper, nicht absolut erforderlich ist. Auch bei den Säugethieren, wie bei allen Wirbelthieren, macht die Eizelle die ersten Stadien der Entwicklung ohne Befruchtung, ohne Vereinigung mit den Elementen des männlichen Samens durch (BISCHOFF, OELLACHER), bei der Parthenogenesis der wirbellosen Thiere schreitet die Umbildung des unbefruchteten Eies bis zu den letzten Zielen der Entwicklung vor (v. SIEBOLD u. A.).

### Der Hoden und sein Sekret.

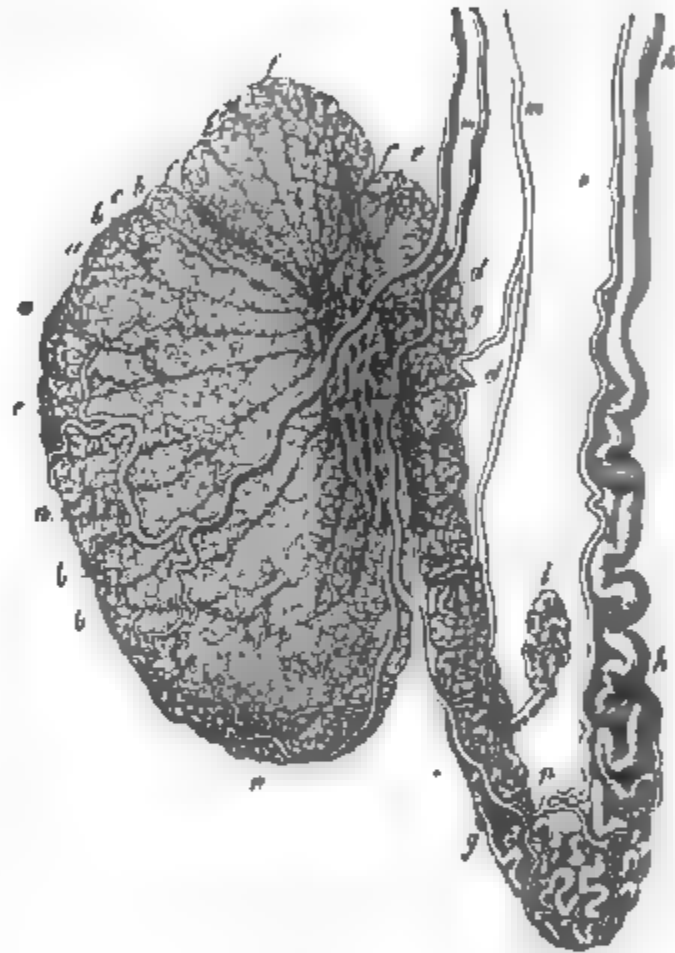
Der Hoden, Testis, ist eine Drüse, deren secernirende Elemente aus sehr zahlreichen, ausserordentlich langen, engen, gewundenen Röhren, den Hoden-canalchen oder Samencanalchen, Tubuli seminales, bestehen. Abgesehen von den übrigen als bekannt vorausgesetzten Hüllen wird seine Drüsen-substanz umschlossen von einer festen, ziemlich dicken, weisslichen fibrösen Haut, der Tunica albuginea s. propria testis, welche aus Bindegewebsfibrillen mit feinen, spärlichen, elastischen Fasern besteht. Sie sendet von ihrer ganzen Innenfläche zahlreiche platte Fortsätze als unvollkommene Scheidewände, Septula testis, aus; nach dem hinteren Rande zu verdickt sie sich und dringt als Corpus Highmori, zu welchem die Septula verlaufen, in die Drüsen-substanz ein. Durch diese und analoge vom Corpus Highmori ausgehende Septula Scheidewände, wird die eigentliche Drüsen-substanz in unvollkommen getrennte kegelförmige Abschnitte, Läppchen zertheilt, deren Spitzen sich dem Corpus Highmori zukehren (Fig. 270). In dem interstitiellen Bindegewebe finden sich Zellenhaufen, die den indifferenten Zellen der Bindesubstanz zuzurechnen sind (KÖLLIKER). In dem Faserwerke der Septula liegen, 1—3 in jedem Fache, viel-

fach gewunden und zusammengerollt die gewundenen Samencanälchen, welche die Sekretionszellen enthalten. Sie beginnen theils mit blinden Enden (knospenähnlichen Ausbuchtungen der Wand (MIALKOVICS), theils mit Anastomosen. Indem sie sich dem Corpus Highmori nähern, nehmen sie in jedem Läppchen eine gestrecktere Richtung an und werden, indem sie sich öfters mit Nachbarcanälchen vereinigen, zu einem geraden Gang, Tubulus rectus. Die Tubuli recti treten in das Corpus Highmori ein, wo sie zu dem Hodennetze, Rete testis, zusammenfließen, aus dessen oberem Theile 12—14 weitere, anfänglich gestreckt verlaufende Canäle, Vascula efferentia, entspringen, welche nach dem Durchtritt durch die Tunica albuginea, wieder verengert, durch immer zahlreicher werdende Windungen kegelförmige Massen darstellen (Fig. 270). Sie vereinigen sich als Samenkegel, Coni vasculosi, durch Bindegewebe zuerst zu dem Kopf des Nebenhodens, treten dann allmählig zu einem einzigen weiteren Gange von 0,44 mm Durchmesser zusammen, der an dem hinteren Rande des Hodens unter zahlreichen Windungen den länglichen Körper oder Schwanz des Nebenhodens bildet. Dieser sendet noch das sich abzweigende, blind endigende Vas aberrans Halleri aus, verliert mehr und mehr seine Windungen und wird zu dem gerade verlaufenden, circa 2 mm weiten Vas deferens. Der Nebenhoden soll sich mit an der Samenproduktion betheiligen.

An den Samencanälchen haben wir die Membran und den zelligen Inhalt zu unterscheiden. Nach KOLLIKER ist die Membran eine ziemlich derbe, bindegewebige Faserhaut mit Längskernen, an der nach innen auch bei dem Erwachsenen noch hier und da eine Membrana propria zu erkennen ist, die LA VALETTE ST. GEORGE im kindlichen Hoden regelmässig nachweisen konnte.

Der Inhalt der Samencanälchen ist nach dem Alter verschieden, der Hauptsache nach besteht er aus Zellen. Im kindlichen Alter sind die engeren Canäle nur mit kleinen hellen Zellen erfüllt. V. LA VALETTE ST. GEORGE unterscheidet vor der Bildung des Hodensekrets in den Samenkanälchen von Säugethieren zwei der Membrana propria aufliegende Zellenarten: Follikelzellen, von denen je vier eine Zelle der zweiten Art: Ursamenzelle: Spermatogonie umlagern. Die Zellen zeigen deutliche amöboide Bewegungen.

Fig. 270.



Der Hoden des Menschen nach ARNOLD. a Hoden, in die Läppchen bei b zerfallend; c Ductuli recti; d Rete vasculosum; e Vascula efferentia; f Coni vasculosi; g der Nebenhoden; h das Vas deferens; i das Vas aberrans Halleri; m Aeste der Art. spermatica interna mit ihrer Verbreitung an der Drüse n; o Arterie des Vas deferens, bei p mit dem vorhergehenden Gefässe anastomosirend.

Der Name Follikelzellen deutet darauf hin, dass LA VALETTE eine Analogie zwischen diesen die Ursamenzelle umhüllenden Zellen und den das Urei umhüllenden Follikelzellen statuirt. Zur Zeit der Geschlechtsreife wächst der Umfang der Samencanälchen und der in ihnen enthaltenen Elemente, unter welchen zur Zeit der Samenbildung helle runde Zellen und Blasen: KÖLLIKER'S Samenzellen, oft mit einer grossen Anzahl von Kernen (bis 20) auffallen. Im ersten Stadium der Entwicklung der Samenelemente vermehren sich nach v. LA VALETTE ST. GEORGE die Spermatogonien rasch durch Theilung und wuchern als Zellenhaufen in das Lumen der Samencanälchen hinein. Im weiteren Verlauf geht von dem Kern der Spermatogonie ein energischer Proliferationsprozess aus, der Kern wird maulbeerförmig und zerfällt in einen fortschreitenden Furchungsprocess, dem das Protoplasma mehr oder weniger vollkommen folgt; dadurch wachsen aus den Spermatogonien mit diesen in Zusammenhang bleibende Zellensprossen: Spermatogemmen, Samensprossen, in das Lumen der Canälchen hinein. Aus den Samensprossen entwickeln sich die Samenkörperchen, Spermatozoen. Gleichzeitig wuchern auch die Follikelzellen, schliessen die Spermatogemmen seitlich gegen einander ab und dienen zu deren Befestigung. Indem sich der Fuss, mit welchem die Spermatogemme mit dem Rest der Ursamenzelle, aus der sie entspross, zusammenhängt, durch den Druck der nachbarlich wuchernden Gemmengenerationen länger auszieht, erscheint er zuletzt als der dünne fadenförmige Stiel des Samenkörperchens. (Weiteres cf. S. 1035.) (cf. unten Entwicklung der Samenfasern.)

Die Ductuli recti haben einen analogen Bau wie die Samencanälchen, ihr Epithel ist ein ganz niederes Cylinderepithel, und sie sind nicht, wie man früher angenommen hat, weiter sondern enger als die gewundenen Canälchen (Mihalkevics). Die Canäle des Rete testis erscheinen als mit Pflasterepithel ausgekleidete Lücken im Gewebe des HIGHMORE'Schen Körpers. In dem Nebenhoden tritt bald in der Faserhaut auch eine Lage glatter Muskeln auf: die weiteren Abschnitte des Nebenhodencanals und der Samenleiter besitzen eine dicke Muskelschicht von längs- und querverlaufenden glatten Muskelfasern. Die Vasa efferentia tragen ein einfaches flimmerndes Cylinderepithel, im Canal des Nebenhodens besteht das Epithel aus sehr langgestreckten Zellen mit ovalen Kernen und langen Pinseln von Flimmerhaaren, auch das Epithel der MORGAGNI'Schen Hydatiden flimmert (O. BECKER). In den Samencanälchen ist ein eigentliches Epithel meist nicht deutlich.

**Chemie des Hodengewebes.** — KÖLLIKER fand im Hoden des Stiers 41,427% organische und 1,308% Asche und 86,965% Wasser. KÜHNE wies im Hundehoden Glycogen nach TRESKIN im Hoden von Rind, Reh und Ziege: Inosit, Kreatin (Kreatinin?), Cholesterin, Lecithin, Leucin und Tyrosin. Glycogen fand er nicht. Im Nebenhoden ist nach TRESKIN auch Leucin, Tyrosin und Cholesterin.

**Hodensekret, Samen.** Das unvermischte Sekret des Hodens, wie man es bei kräftigen Männern im ganzen Verlaufe des Vas deferens und im Schwanz des Nebenhodens findet, ist eine weissliche zähe, geruchlose Masse. Es besteht fast nur aus den charakteristischen mikroskopischen Elementen, den Samenfasern, nebst äusserst wenig einer verbindenden Flüssigkeit. Als mehr zufällige Bestandtheile findet man hier und da noch einzelne Körnchen, Kerne und Zellen beigemischt.

Die Entdeckung der Samenfasern, Fila spermatica, oder Samenthierchen, Spermatozoiden. Spermatozoa, welche sich in etwas verdünntem, frischem Samen in sehr lebhafter Bewegung zeigen, war eine der ersten Errungen-

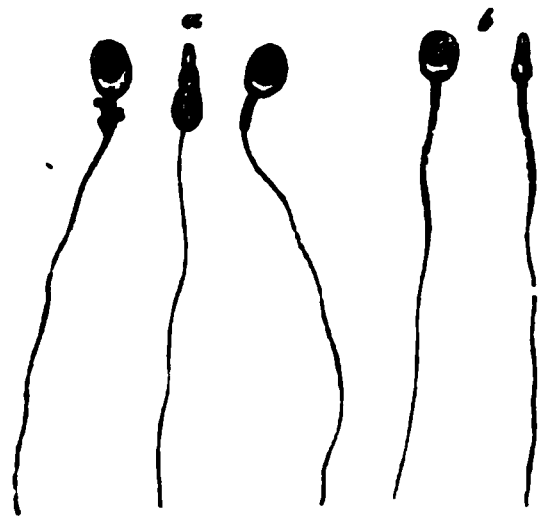
schaften der Mikroskopie. LEEUWENHOEK, welcher hier zuerst genauere Untersuchungen anstellte, nennt als Entdecker einen Studenten in Leyden, J. HAM (1677). Ihre aktive Beweglichkeit, welche den Flimmerbewegungen analog ist, veranlasste es, dass man sie zunächst für Thiere halten musste. Die Bezeichnung Samenfaden stammt von KÖLLIKER.

Die Samenfäden sind der männliche Zeugungsfactor. Es ist für die Beurtheilung der Lehre von der Zeugung und Konstanz der Species im Thierreiche von grosser Wichtigkeit, dass sie in ihrem Bau (Form) nur in der Species konstant sind, sonst aber in der Thierreihe sehr verschieden erscheinen (LA VALETTE ST. GEORGE). Die Samenfäden der Säugethiere bestehen im Allgemeinen aus einem der Scheibenform sich annähernden Kopfende und einem fadenförmigen Anhang. Die Samenkörper des Menschen haben ein ovales Köpfchen, das dem Faden zugekehrte Ende desselben ist verdickt und abgerundet (Fig. 271), nach oben geht es in eine dünne, in der Mitte etwas eingedrückte Scheibe über, so dass es von der Seite von mehr oder weniger birnförmiger Gestalt erscheint. GROHE und SCHWEIGGER-SEIDEL nehmen an den Samenfäden eine structurlose Membran oder Grenzsicht und eine Inhaltsmasse an, welche GROHE für contractil erklärt. Auf eine feinere Structur deuten noch gewisse Streifungen im Kopfe des Samenfadens (beim Bären, VALENTIN) und die Differenzirung des letzteren in Kopf, Mittelstück (SCHWEIGGER-SEIDEL) und eigentlichen Faden.

Das Auffallendste an den Samenfäden oder Samenkörpern ist ihre Beweglichkeit. Doch sind sie bei einigen niederen Thieren (z. B. Oniscus) vollkommen bewegungslos, selbst innerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane, bei Nematoden, Daphnien und Krebsen zeigen sie nur amöboide Formveränderungen. Wie schon oben angedeutet, bedürfen auch die menschlichen Samenfäden einen äusseren Einfluss zur Einleitung ihrer Bewegung, wenigstens eine stärkere Verdünnung der Zwischenflüssigkeit. In dem Hodensekret selbst erscheinen sie bewegungslos, sie bewegen sich erst, nachdem dieses durch die Zumischung der Sekrete der Samenblasen, der Prostata und der COWPER'schen Drüsen verdünnt wurde. Auch der Bewegungsmodus der beweglichen Samenfäden ist sehr mannigfach verschieden. Bei Vögeln, z. B. dem Kanarienvogel, pflegt die Bewegung eine gleichmässig fortschreitende zu sein mit gleichmässig rascher Axendrehung des ganzen Samenfadens, bei den Säugethiern ist sie hüpfend und zuckend, wobei das Kopfende immer voran gestossen wird.

GROHE glaubte, dass die Bewegung des Fadens durch Contractionen des Inhalts des Köpfchens eingeleitet werde. Man hat dagegen darauf hingedeutet, dass sich am Köpfchen keine Contractionerscheinungen erkennen lassen, und dass auch kopflose Fäden oft noch lebhaft Schwingungen zeigen können. Im Allgemeinen zeigt die Bewegung der Samenfäden die Eigenthümlichkeiten und Bedingungen der anderen Protoplasmabewegungen (cf. diese), sie stimmt darin etwa mit den Bewegungen der Flimmerzellen überein. PFLÜGER erklärte den

Fig. 271.



Samenkörper des Menschen, a unentwickelte, b reife.



Samenfaden direct für eine kleine Flimmerzelle; am besten erhalten in Bewegungen in schwach alkalischen Lösungen.

Die Dauer der Bewegung ist nach der Beschaffenheit der Flimmerzelle in der sie sich befinden, verschieden. Noch 48 Stunden nach dem Tode männlicher Thiere fand man in ihnen bewegungsfähige Spermatozoiden, in den weiblichen Genitalien bewegten sie sich noch 8 Tage nach stattgehabter Begattung.

Die ziemlich sparsamen Nerven des Hodens stammen vom Nervus spermaticus internus ab. LETZNERICH sah Nervenfasern zwischen den Samenkanälchen endigen; die Enden sind nach ihm verhältnissmässig dünn, mit meist excentrisch aufsitzenden, runden, glänzenden Knöpfchen besetzte Axencylinder. Ein directer Einfluss der Nerven auf die Samenbildung ist noch nicht nachgewiesen; durch reichlichere Blutzufuhr zu den Genitalien scheint die Bildung desselben jedoch gesteigert zu werden. In der Richtung wirken sitzende, ruhige Lebensweise bei reichlicher Nahrung, sprechende Richtung der Phantasie und Reizung der Genitalien, vielleicht gewisse Gewürze. Beim zeugungsfähigen Manne ist die Samenproduktion stetige, die in der Freiheit lebenden Thiere bereiten reifen Samen nur während der Brunstzeit. Die Menge des gebildeten Samens zeigt bei demselben Individuum bedeutende Schwankungen, die absolute Gesamtmenge ist stets gering.

Die Lymphgefässe des Hodens sind reichlich entwickelt (PAGET), sie nehmen ihren Ursprung aus ziemlich weiten, in dem Bindegewebe zwischen den Samenkanälchen verlaufenden Gängen (LUDWIG und TOMSA), die mit Endothel ausgekleidet sind (HIS). MIHALKOVICS sucht die Anfänge der Lymphgefässe in feinen Spalten der Lamellen der Samenkanälchenwand. Von dort tritt die Lymphe in die Maschenräume der Bindegewebsbalken; in dem Highmori sowie in der Albuginea selbst finden sich weitere und engere Lymphgefässe. Die reichlichen Lymphgefässe scheinen für die Möglichkeit einer Resorption im Hoden zu sprechen, wodurch vielleicht, wenn keine Samenentleerung eintritt, das stetig abgesonderte Sekret wieder aufgenommen werden kann.

Die Blutgefässe des Hodens gehen aus der Art. spermatica interna hervor und dringen vom hinteren Rande aus in die Drüsensubstanz ein, wo sie die Samenkanälchen mit einem ziemlich weitmaschigen Kapillarnetz ringförmig umspinnen. Im Nebenhoden ist die Gefässvertheilung (Art. ductus deferentialis) nach MIHALKOVICS reichlicher als im Hoden selbst; die Kapillaren in der muskulösen Wand des Nebenhodencanals unmittelbar unter dem Serosarepithel ein dichtes Netz. Den Arterien analog verhalten sich die Venen.

**Die Bewegung der Samenfäden.** — Wie alle Protoplasmabewegungen werden die Samenfäden durch Säuren sehr rasch aufgehoben. Es scheint auch hier für die Bildung bei der Bewegung zu sprechen, dass in schwach alkalischen Lösungen sich die Samen länger erhalten, und dass wie die Flimmerzellen (VIRCHOW), so auch die Samen, wenn sie zur Ruhe gekommen, durch schwache Alkalilösungen wieder in Bewegung werden können (KÖLLIKER). Die Bewegung erhält sich lange in Lösungen, welche 1% Natrium, Chlorkalium, Chlorammonium, salpetersaures Kali oder Natron, oder 1–10% phosphorsaures, kohlensaures oder schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia oder Calcium enthalten. Wie alle Säuren, so vernichten auch stark alkalische Lösungen, be-

moniakalische die Bewegung, ebenso destillirtes Wasser und Gummilösungen, bei beiden die Quellung und Schlingenbildung an den Schwänzen, ferner Alkohol, Chloroform, Aether, Jod etc. Concentrirte Lösungen von Salzen, Zucker, Eiweiss können die Bewegungen der durch Quellung starr gewordenen Fäden zurückbringen (KÖLLIKER). Curare soll in exquisiter Weise als Reiz wirken, dagegen sind Kokain und schwefelsaures Morphin wirkungslos. Nach REGAZZA bewahren die menschlichen Samenfasern die Bewegungsfähigkeit von 15—1470 C. 00 erhielt sie sich 4 Tage, auch nach dem Auftauen kehrt sie zurück (analog wie bei Nervenfasern).

**Chemie des Samens.** — In dem reifen Hodensekrete des Stiers fand KÖLLIKER 82,05% Wasser und 17,94% feste Stoffe, davon 13,138% Eiweisskörper der Samenfasern, 2,165% phosphoriges Fett und 2,637% Salze. Als Bestandtheile des Samens führt v. GORUP-BESANEZ an: Wasser, ein kaseinähnliches Albuminat, phosphorhaltige organische Körper (Lecithin? Protamin?) und die Blutsalze, vorwiegend phosphorsaure alkalische Erden. Bei der Fäulnis des Samens bilden sich reichlich Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia. Auch aus dem frischen Samen scheiden sich beim Verdunsten sternförmig gruppirte (monoklinometrische?) mikroskopische Krystalle aus, jedenfalls organischer Natur, vielleicht dem Vitellin verwandt (KÜHNE). Nach F. MIESCHER's Untersuchungen enthält das frische Sperma vom Lachs Vacuum getrocknet: 18,78% Stickstoff, 14,31% Phosphor und nur 0,28% Schwefel. Die wässrigen Flüssigkeiten, die man nach Wasser, heissem Alkohol und Aether möglichst erschöpften Spermatozoiden dieses Fisches erhalten nach MIESCHER ausschliesslich aus einer von ihm als Protamin bezeichneten organischen Base mit Nuclein, welches die Rolle einer Säure spielt, verbunden. Dem letzteren gibt man die Formel:  $C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$ . Es ist kein Eiweisskörper, der Phosphor ist darin ausschliesslich als Phosphorsäure enthalten. In 100 Theilen ist nach MIESCHER der organische Theil des Lachssamens zusammengesetzt aus: Nuclein 48,68; Protamin 26,76; Eiweissstoffe 10,32; Lecithin 1,24; Cholesterin 2,24; Fett 4,35. Im Sperma anderer Thiere: Frosch, Karpfen, Stier fand man kein Protamin. J. PICARD fand im trockenen Lachssamen 50% Guanin und Sarkin. Dem ejaculirten Samen scheint aus den accessorischen Drüsen etwas Mucin beigemischt zu sein. In verdünnten Reagentien verhalten sich die Samenfasern sehr resistent, sie werden weder durch concentrirte Schwefelsäure noch Salpetersäure, Essigsäure, oder kochende concentrirte Soda-Asche vollkommen gelöst. Aetzende Alkalien lösen sie in der Wärme. Sie widerstehen der Fäulnis lange; nach dem Eintrocknen am besten mit 40% Kochsalzlösung aufgeweicht, sind sie noch sehr deutlich, z. B. zur gerichtlichen Diagnose des Samens, zu erkennen. Noch nach 3 Jahren sah sie DAMM in faulem Harn, selbst beim Glühen bleibt ihre Form unverändert zurück (VALENTIN). In der frischen Substanz des Hodens fand KÜHNE Glycogen.

Die Samenblasen enthalten eine eiweissreiche Flüssigkeit, mit kleinen farblosen Gerinnseln ausgekleidetem Flimmerepithel. ECKHARD fand, dass auf directe electrische Reizung oder Reizung der bei der Erection betheiligten Nerven die Prostata des Hundes durch die Contraction ihrer glatten Muskeln einige (20—30) Tropfen ihrer Sekrete stossweise hervorpresst.

Das Sekret enthält ein- und mehrkernige Zellen beigemischt, sowie amorphe kugelige Massen, die Reaction ist neutral, es enthält 98% Wasser, von den festen Stoffen sind 1,149% organischer Natur, davon 0,45% — 0,91% Eiweiss (BUXMANN).

Nach KÖLLIKER's Mittheilung ist der ejaculirte Samen fast farblos, schillernd, von alkalischer Reaction und eigenthümlichem Geruch, bei der Entleerung zähflüssig und klebrig wie Eiweiss, soll er beim Erkalten gallertig, nach einiger Zeit jedoch wieder dünner und flüssiger werden.

Die Entwicklung der Samenfasern ist zuerst von KÖLLIKER genauer erforscht worden. Er wies nach, dass die Samenfasern nicht, wie man es früher angenommen hatte, als individuell belebte Wesen: Samenthierchen, sondern als Elementartheile des Organismus aufzufassen seien. Er lehrte ihre Entstehung aus Zellen kennen. Die Samenfasern sollten sich nach seinen Angaben durch Umwandlung der Kerne der Samenzellen bilden, indem sich der Kern verlängert und von seinem einen Ende aus einen Faden treibt, während der Rest des Kernes zum Ende des Samenfadens wird. Nach LA VALETTE sprosst das ganze »Spermatosoma« aus dem

Zellenprotoplasma einer aus Theilung der Ursamenzelle entstandenen Zelle hervor (S. 1037). Der Samenfaden ist von der Dignität einer Zelle, eine kleine Flimmerzelle (PFLÜGER), männliche Keimzelle. Nach von EBNER sollten sich die Zoospermien in »Spermatoblasten«, den Stützzellen anderer Autoren, bilden. FR. MERKEL's Ansicht schliesst sich mehr an die KÄLLIKER's an.

Die vergleichende Anatomie hat in allen Abtheilungen der Thierwelt, so weit es eine geschlechtliche Fortpflanzung gibt, Samenkörper nachgewiesen, bei den Infusorien (*Paramecium aurelia*) beschrieb zuerst JOHANNES MÜLLER fadenförmige Körper, welche den vergrösserten Nucleus erfüllen. Die Zoospermien der Säugethiere unterscheiden sich zwar, aber im Allgemeinen doch nur wenig von denen des Menschen. Beim Schwein und ähnlich beim Stier, Schaf, Pferde ist die Spitze des eiförmigen Kopfes den Fäden zugekehrt, Mäuse und Ratten besitzen ein beilförmiges Köpfchen, letztere mit sehr langem Schwanz; beim Kameel ist der Kopf lang und schmal. Bei Vögeln und Reptilien, sowie bei Frosch und Kröte ist der Kopf lang gestreckt, cylindrisch, bei Singvögeln spiralig gewunden. Die Zoospermien von Triton, Salamander und Bombinator sind durch eine eigenthümliche undulirende Membran an dem Rücken des Schwanzfadens ausgezeichnet (v. SIEBOLD, CZERNAK). Bei den Fischen ist die Gestalt der Samenfasern analog verschieden wie bei den Vögeln. Die Samenkörper der Wirbellosen sind entweder mehr fadenförmige Gebilde oder von mehr rundlicher Gestalt, letztere z. B. bei Myriapoden und mehreren Krustenthiere. Auch Zoospermien mit undulirenden Membranen wurden bei Wirbellosen beobachtet, bei einigen enthält der Same Zoospermien von zweierlei Art. Bei vielen Wirbellosen umhüllt ein erhärtendes Sekret wie ein Schlauch eine Partie Zoospermien, wodurch die sogenannten »Spermatophoren« und wohl auch die »Samenstäbchen« LEUCKART's entstehen. Die Cephalopoden haben einen eigenthümlich gebauten Arm, der vom Hoden den Samen aufnimmt und denselben in die weiblichen Generationsorgane schafft (ARISTOTELES). Der Arm löst sich bei der Begattung vom Männchen los und führt auf dem Weibchen ein fast individuelles Leben, so dass man ihn früher für einen Parasiten: *Hectocotylus* (S. 1024), hielt.

### Der Eierstock und das Ei.

**Eierstock.** Man pflegte an der Zeugungsdrüse des Weibes eine Art von Marksubstanz, d. h. eine nicht drüsige, ungemein blutreiche, der Hauptsache nach bindegewebige, schwammige, rothe, an kavernöses Gewebe erinnernde Masse und ein diese umlagerndes Drüsenparenchym als Rindensubstanz zu unterscheiden. Peripherische Ausstrahlungen der bindegewebigen Markmasse sollten im Rindenparenchym eine Art Fachwerk bilden, in welche die eigentlich drüsigen Partien eingelagert seien und nach aussen in feste Verwebung zu einer wenig abgegrenzten Organhülle: *Albuginea*, zusammenstrebten.

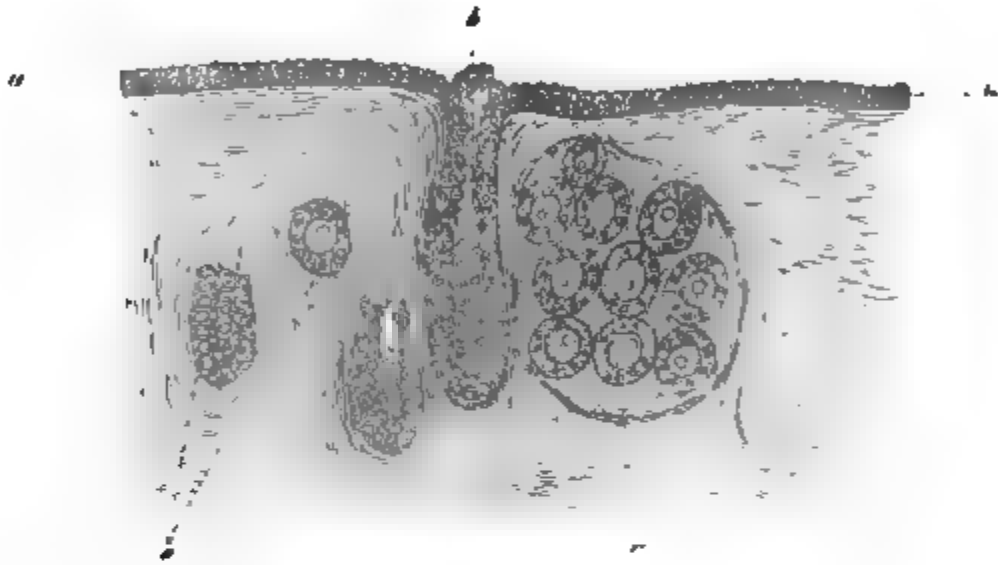
Durch die Untersuchungen PFLÜGER's ist die Erkenntniss über die Struktur des Eierstocks in eine neue Phase getreten. Wir schliessen uns im Folgenden den Darstellungen WALDEYER's an.

Bei den drei höheren Wirbelthierklassen sind die Ovarien im Allgemeinen nach dem gleichen Typus gebaut. Der reife Eierstock zeigt als wesentliche Bestandtheile: 1) das Eierstocksepithel oder Keimepithel, 2) die Eifollikel oder GRAAF'schen Follikel, in denen 3) die Eier enthalten sind. Alle diese Gebilde werden 4) getragen und zusammengehalten von einem äusseren gefässreichen, muskel- und nervenhaltigen Bindegewebsstroma.

Das Oberflächenepithel des Eierstocks, das man früher für eine **directe** Fortpflanzung der Serosa genommen hat, grenzt sich von dieser durch **eine** weisse Linie ab, welche rings um die Basis des Ovariums läuft. Das Keim-**epithel** besteht anstatt des bekannten plattzelligen Peritonealepithels aus **cy-**  
**lindrischen** Zellen, die eine dunklere Körnung zeigen. Es ist einem **Schleimhautepithel** gleichzusetzen, was schon daraus hervorgeht, dass an vielen **Eierstöcken** das Tubarepithel continuirlich, nur mit Verlust der Flimmerung auf **die** Ovarialoberfläche übergeht.

Auf dem senkrechten Durchschnitt des Eierstocks zeigt sich zu äusserst das **Keimepithel**, dann folgt eine festere Bindegewebslage (Fig. 272), in welcher

Fig. 272.



Senkrechter Durchschnitt vom Ovarium einer halbjährigen Hündin, Hartnack 2/7. a Epithel. b Ovarialschlauch mit freier Mündung. c Grössere Gruppe von Follikeln, traubenartig zusammengelagert. d Schräge und quere Durchschnitte von Ovarialschläuchen.

Sich einzelne Ovarialschläuche und jüngere Eifollikel zeigen. Dann folgen **die** älteren Eifollikel, zum Theil mit nahezu reifen Eiern, zu innerst das gefäss-  
**reiche** Hilusstroma, die sogenannte Marksubstanz. Die äusserste Lage des binde-  
**gewebigen** Ovarialstromas ist kurzfasrig, die Bündel durchkreuzen sich viel-  
**faltig**, im Allgemeinen ist ihr Verlauf aber mehr parallel (Albuginea), in den  
**tieferen** Schichten zwischen den Follikeln ist das Bindegewebe langfasrig, wenig  
**fest**, sehr zellenreich. Die Zellen sind spindelförmig, hier und da mit sehr  
**langen** Ausläufern. Die Marksubstanz, die sogenannte Gefässzone schliesst sich  
**hier** unmittelbar an. Um die grösseren und mittelstarken Gefässe derselben  
**liegen** glatte Muskeln in einzelnen längsziehenden Bündeln, sie fehlen in der  
**Rindensubstanz** beim Menschen. Bei Amphibien und namentlich bei Knochen-  
**fischen** erscheint dagegen das ganze Organ sehr muskelreich.

Der Hilus ovarii enthält ein Konvolut von weiten Venen, die bei stärkerer  
Injection eine Art Gefässbulbus darstellen (Rouget). Die Arterien zeigen  
auch im Ovarium selbst jenen korkzieherartig gewundenen Verlauf, welcher bei  
den Aesten der A. spermatica interna und der A. uterina bekannt ist. Das Ka-  
pillarnetz ist sehr reich, am reichsten in der inneren Follikelhaut (His), hier fast  
an die Membrana Ruyschiana der Choroidea erinnernd.

His beschreibt Lymphgefässe am Hilus ovarii und weite, sackartige

Lymphräume, welche schalenartig die Follikel (und gelben Körper) umgeben, hat mit sehr dünner Markscheide versehene Nervenfaser zwischen die grösseren Follikel eindringen sehen.

An den grösseren GRAAF'schen Follikeln (Fig. 273) unters man eine bindegewebige Wandung, Theca folliculi (v. BAZZ), die äussere

Fig. 273.



GRAAF'scher Follikel des Schweines, ca. 10mal vergr. a Aeusserer, b innerer Lage der Faserhaut des Follikels, c Membrana granulosa, d Liquor folliculi, e Keimbügel, ein Vorsprung der Membrana granulosa, f Ei mit Zona pellucida, Dotter und Keimbläschen

besteht aus gewöhnlichem, faserigem Bindegewebe, Tunica fibrosa, die innere ist sehr gefässreich, Tunica propria, und besteht aus zellenreichem Bindegewebe. Bei jüngeren Follikeln fehlen diese Schichten. Die zelligen Follikel Elemente liegen nur in rundlichen Stromalücken (WALDEYER). KERN nimmt dagegen eine structurlose Basalmembran auch für die jüngsten Follikel an, K. SLAVJANSKY aus abgeplatteten Endothelien gebildete Membrana propria. Die innere Oberfläche der Tunica propria ist bei den Säugethieren mit einem mehrschichtigen Cylinderepithel, Follikel-epithel, Membrana granulosa, besetzt. An einer, selten an mehreren Stellen, je nach der Zahl der im Follikel enthaltenen Eier, zeigt sich beim Menschen und Säugethieren das Epithel zu einem frei in das Follikellumen

ragenden hügeligen Vorsprung angehäuft, Discus proligerus, Keimscheibe. Mitten in der Keimscheibe liegt das Ei. Der Follikelraum ist übrigen mit einer klaren Flüssigkeit, Liquor folliculi, erfüllt, die bei jüngeren Follikeln noch fehlt. Ein Theil der Zellen des Discus proligerus bildet das Eiepithel unterschieden. Es bildet dieses eine zusammenhängende Schicht aus Cylinderzellen, welche ganz nach Art eines Epithels auf der Zona granulosa aufsitzen.

Chemische und ärztliche Bemerkungen. — Der Liquor folliculi re-



Wahrscheinlich von dem Follikelepithel ausgehenden Bildung: der Dotterhaut, *Zona pellucida*, umlagert. Durchmesser des reifen menschlichen Eies im Mittel etwa 0,2 mm.

Die *Zona pellucida*, die Umhüllungsmembran des Eies, ist eine starke, durchsichtige, gegen die Dottermasse scharf abgesetzte Lamelle, welche bei fast allen Tieren ein eigenthümliches Structurverhältniss erkennen lässt, welches zuerst von J. MÜLLER und REMAK an den Eiern der Fische nachgewiesen wurde; die *Zona* ist nämlich in radiärer Richtung von zahlreichen Porencanälen durchsetzt, die sich bei den Säugethieren als feine Streifungen zu erkennen geben. WALDEYER glaubt, wie REICHERT und PFLÜGER, die Dotterhaut als eine der Cuticularbildung (S. 29) verwandte Formation auffassen zu müssen, ausgehend von dem Epithel. Eine weitere sogenannte Dotterhaut existirt nicht. (Nach HJ. ANDERSEN sollen durch die Porenkanäle der *Zona* einzelne Zellen der *Membrana granulosa* in das Ei einwandern, was er als einen Ernährungsvorgang des Eies auffasst; auch die »Richtungskörper« will er als solche eingewanderte Granulosazellen deuten?)

Der Hauptdotter charakterisirt sich als gewöhnliches Zellenprotoplasma, PFLÜGER u. A. haben sogar Contractilität an ihm beobachtet. Charakteristisch ist der grosse Reichthum des Eiprotoplasmas an grösseren und kleineren glänzenden Körnern, wahre Dotterkörner (HIS) von verschiedener Grösse, sie zeigen die Reaktionen des Protoplasmas und der Eiweisskörper.

Gegen E. HÄCKEL's Aussprüche, dass das Ei des Menschen von dem anderer Säugethiere sowohl im unreifen als ausgebildeten Zustand nicht zu unterscheiden sei, zeigte v. BISCHOFF, dass zwischen dem Ei des Menschen und der anderer Säugethiere sowohl in Grösse der Eier, Dicke der *Zona*, als besonders in der mikroskopischen Zusammensetzung des Dotters charakteristische Unterschiede existiren. (Das letztere ist auch der Fall zwischen den frühesten Entwicklungsstadien des Menschen und der Wirbelthiere, spec. der höheren Säugethiere.)

Bei den reifen Eiern der Vögel und Reptilien kommt zu dem eigentlichen Ei: Hahnentritt, *Cicatricula*, mit dem von einer Dotterhaut umhüllten Hauptdotter und dem Keimbläschen, dessen Keimfleck hier früh sichtbar wird, noch ein sogenannter Nebendotter oder Nahrungsdotter, gelber und weisser, hinzu. Die Primordialeier der Vögel sind denen der Säugethiere vollkommen gleich. Der Nahrungsdotter, der dieselben in der Folge umgibt, scheint ein Produkt des Follikelepithels und zwar nach WALDEYER geradezu metamorphosirtes Protoplasma der Follikelepithelzellen; GEGENBAUR hielt dagegen die Nahrungsdotterbestandtheile für Differenzirungen aus dem Protoplasma der primitiven Eizelle selbst. Nach Andeutungen PFLÜGER's scheint auch bei den Säugethiere eine Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Dotterarten gemacht werden zu müssen. Das Keimbläschen wird von einem helleren Protoplasma umgeben, auf welches eine etwas dunklere Masse aufgelagert ist. Es scheint nahe zu liegen (HIS, WALDEYER), diese äussere Schicht als eine secundäre, vielleicht wie die des Nahrungsdotters auch von dem Follikelepithel ausgehende Bildung aufzufassen. Doch tritt hier in der Folge eine vollkommene Verschmelzung beider Protoplasmaantheile ein, während bei den oben angeführten Eiern, an welche sich die Eier der Selachier, der Knochenfische und der höheren Krustaceen anschliessen, die Trennung eine dauernde ist. Für den

durchgreifenden Unterschied zwischen beiden Dottern spricht die Beobachtung STRICKER's, der am Hauptdotter des Forelleneies deutliche amöboide Bewegungen beobachtete, während der Nebendotter sich stets ganz passiv verhält. Die Eier der Batrachier gleichen mehr denen der Säugethiere, sie lassen keine deutliche Trennung von Haupt- und Nebendotter erkennen.

Das Protoplasma der Eizelle ist contractil. EISNER beobachtete auch amöboide Bewegungen am Keimfleck (Kernkörperchen).

**Aerztliche Bemerkungen.** — Der Rogen (Eier) der Barbe, *Cyprinus barbus*, ist giftig, während das Fleisch dieses Fisches keine schädlichen Wirkungen entfaltet. Als Vergiftungserscheinungen treten auf: Erbrechen, Diarrhoe, Leibschmerzen, Pupillenerweiterung, Schlundbrennen (F. MÜNCHMEYER).

**Erste Stadien der Eientwicklung** (S. 8. 44. 20). — Nur der Bildungsdotter beteiligt sich direct an dem Aufbau des Embryonalleibes. Je nachdem die Eier nur Bildungsdotter oder auch Nahrungsdotter enthalten, kommt es zu einer totalen oder partiellen Furchung (S. 44) bei der Fortentwicklung des Eies. Die Embryonalzellen, welche aus den verschiedenen Arten der Furchung hervorgehen, finden auch in verschiedener Art zum Aufbau des Embryonalleibes Verwendung (CLAUS). Bei Coelenteraten, Echinodermen, sowie bei den einfachen und niederen Organisationsformen der Würmer und Arthropoden besteht eine *Evolutio ex omnibus partibus*, d. h. der Embryonalleib entsteht gleichmässig und in seiner ganzen Begrenzung als eine die Reste des Dotters einschliessende Zellschicht. Bei den höheren Thieren zeigt sich eine *Evolutio ex una parte*, hierbei wird der Dotter ungleichmässig und erst nach und nach umwachsen von gewissen Punkten aus, an welchen die ersten Anlagen des Embryo auftreten. Im letzteren Falle zeigt sich noch eine Reihe von Verschiedenheiten. Die Schnecken schliessen sich an das erstgeschilderte Verhalten an. Bei ihnen besteht die Embryonalanlage aus einem flächenhaft entwickelten Primitivtheile, welcher den Rest des Dotters in der Folge ganz umgreift, bei den Cephalopoden bleibt ein Theil des letzteren als Dottersack frei. In anderen Fällen entsteht der Embryo aus einem Keimstreifen, entweder auf der Unterfläche des Dotters, es entspricht der Keimstreifen dann der ersten Anlage der Bauchtheile: bauchständiger Primitivstreifen (bei vielen Anneliden und fast allen Arthropoden), oder er liegt dem Dotter auf und entspricht dann der ersten Anlage der Rückenorgane: rückenständiger Primitivstreifen (bei den Vertebraten). Bei dem fortschreitenden Wachsthum der als Primitivstreifen auftretenden Embryonalanlage wird der Dotter auch entweder vollkommen in den Leibesraum aufgenommen (Frosch, Insect), oder es bildet sich ein Dottersack (Vögel, Säugethiere). Auch die weitere allmählig fortschreitende Organisirung des Embryonalkörpers verläuft bei verschiedenen Thieren sehr verschieden, bei niederen Thieren erscheint er am einfachsten. Im Allgemeinen treten die verschiedenen Organe in der Reihenfolge ihrer Bedeutung für den fertigen Organismus überhaupt auf, oder nach ihrem Werth für die besonderen Bedürfnisse der Jugendzustände (CLAUS).

**Künstliche Entwicklungsstörungen** (C. DARESTRE). — Man ist im Stande, durch verschiedene Mittel: Vertikale Stellung der Eier, Ueberziehen der Schale mit mehr oder weniger impermeablen Stoffen, namentlich aber durch Anbringen einer Wärmequelle in der Nähe der Cicatricula und Steigerung oder Herabminderung der normalen Bruttemperatur. Störungen in der Entwicklung der Eier hervorzurufen. Die einfachen Monstrositäten entstehen durch primäre Entwicklungshemmung besonders des Amnion und der Area vasculosa, deren Veränderungen secundär Verbildungen anderer Organe bewirken. So bewirkt z. B. Entwicklungshemmung der Kopfkappe: Cyclopie, Verdoppelung des Herzens etc.; der Schwanzkappe: Symmelie; der Area vasculosa: Anencephalie. Doch gelang es DARESTRE noch nicht, durch bestimmte Einwirkungen auch voraus zu bestimmende Monstrositäten hervorzubringen.

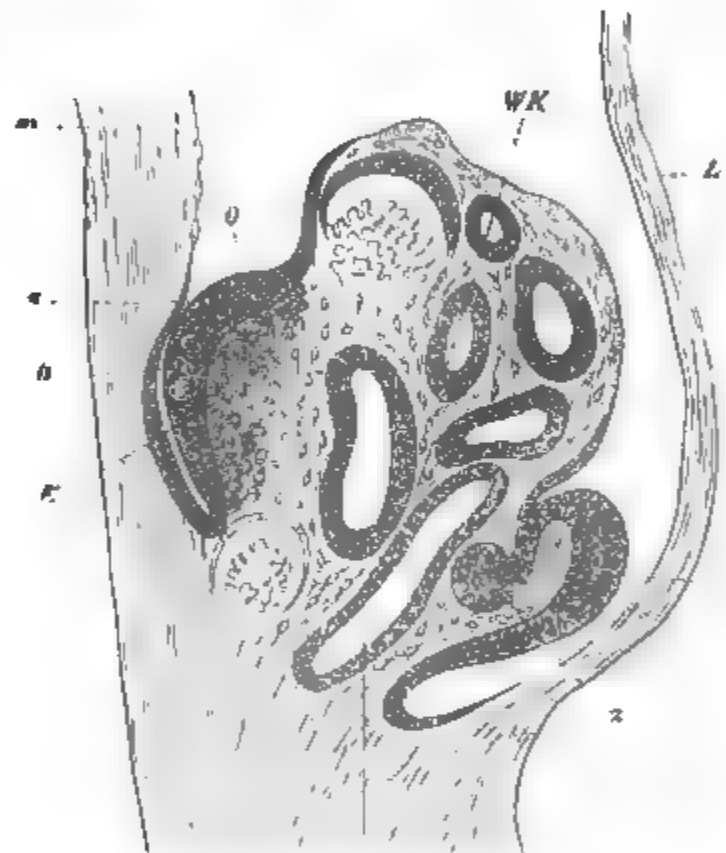
**Entwicklung der Ovarien und Eier** (WALDEYER). — Bei Hühnerembryonen treten die ersten Spuren der Keimdrüsen beider Geschlechter gegen Ende des vierten Tages auf. Der WOLFF'sche Körper (S. 568) zeigt sich mit einem regelmässigen cylindrischen Epithel über-

zogen, das Epithel der übrigen Peritonealhöhle besteht dagegen bereits aus kleinen glatten Zellen. Nach SCHENK trägt ursprünglich die ganze Pleuroperitonealspalte an ihrer Innenfläche ein Cylinderepithel. Am vierten Bruttage verdickt sich in der Mitte und an den Seitentheilen des WOLFF'schen Körpers das erwähnte Cylinderepithel bedeutend, die mittlere Verdickung ist die erste Anlage des Ovariums, die seitliche dient zur Bildung der späteren Tube, des MÜLLER'schen Ganges. Während sich bei weiblichen Individuen diese Epithelialverdickung weiter entwickelt, schwindet sie bei männlichen gegen den achten oder neunten Tag. Bei ersteren erhebt sich bald aus dem interstitiellen Gewebe des WOLFF'schen Körpers unter jener Epithelverdickung eine kleine, zellenreiche, hügelige Wucherung. Das verdickte Epithel über derselben gestaltet sich nun nach und nach zur Anlage der GRAAF'schen Follikel und Eier, sowie des späteren Ovarialepithels, während die bindegewebige Wucherung bestimmt ist, das vaskuläre Stroma des Eierstocks zu liefern (WALDEYER). Schon jetzt zeichnen sich einzelne Zellen des Epithels durch Grösse, runde Form und umfangreiche Kerne aus. Die bisher geschilderten Vorgänge lassen sich auch bei Säugethieren konstatiren. Die weitere Ovarialentwicklung beruht nach WALDEYER (Fig. 274) auf einem eigenthümlichen Durchwachungsprocess des Keimepithels und des darunter liegenden bindegewebigen Stromas. Hervorwachsende Bindegewebsmassen drängen sich zwischen das gleichfalls wuchernde Epithel ein und umschliessen bald grössere, bald kleinere Partien desselben, welche auf diese Weise mehr und mehr in die Tiefe des Stromas eingebettet werden. In diesem Stadium der Entwicklung bildet das gefässreiche Bindegewebe unter einander zusammenhängende, gleichsam kavernöse Maschenräume, welche Keimepithel in sich einschliessen, dessen einzelne Partien auch meist noch netzförmig unter einander zusammenhängen.

Unter den so in das Ovarialstroma eingebetteten Epithelzellen zeichnen sich bald viele durch ihre Grösse und die Grösse ihres Kernes aus, es sind Eier. Die Mehrzahl der anderen Zellen bleibt dagegen klein und gruppirt sich als eine Art Epithel um die Eizellen herum, die einzelnen Eizellen nebst ihrer epithelialen Umbüllung werden durch dazwischen

wucherndes Bindegewebe von einander getrennt, die so dargestellten Fächer sind die jüngsten Follikel, die Primordialfollikel, erst in der Folge entwickelt sich die Theca folliculi. Die Form der Fächer, innerhalb deren die Eizellen mit dem Follikelepithel eingebettet sind, ist eine verschiedene, bald sind es rundliche, bald ovale, bald schlauchförmige Bildungen, auf welche letztere namentlich PRÜTZER zuerst aufmerksam gemacht hat. Nach BASCHOFF ist mit Ablauf der Fötalperiode die Entwicklung der Eier zu Ende, die im Verlauf des Lebens zur Reife gelangen.

Fig. 274.



Querschnitt des WOLFF'schen Körpers mit der Anlage des Eierstocks und des MÜLLER'schen Ganges. (Hühnerembryo vom Ende des vierten Bruttages.) WK WOLFF'scher Körper. g Querschnitt des WOLFF'schen Ganges, o und o Verdicktes Keimepithel. m MÜLLER'scher Gang im Zusammenhange mit dem Keimepithel. E Eierstocksanlage mit stark verdicktem Keimepithel. O, O Primordialeier. m Mesenterium. L Seitliche Bauchwand.

Follikelepithel und Eizelle stehen genetisch in einer directen Beziehung. Die Eier sind bei allen Thierklassen weiter entwickelte, besonders ausgebildete Epithelzellen des Ovariums. Die Primordialeier erscheinen im Principe einander überall gleich gebaut, der äussere Unterschied der reifen Eier beruht auf den secundären Bildungen, welche das Ei theils noch im Eierstock, theils erst in den Eiwegen umhüllen (WALDEYER).

**Allgemeines über die Entwicklung der Zeugungsdrüsen beider Geschlechter (KÖLLIKER).** — Für die Schilderung der Entwicklung der Geschlechtsorgane bieten die Wolff'schen Körper den Ausgangspunkt. Wir lernten die Wolff'schen Körper (S. 568) beim Menschen in der 4. und 5. Embryonalwoche als zwei spindelförmige Drüsen kennen, welche in der ganzen Länge der Bauchhöhle sich erstrecken und durch ihre Ausführungsgänge die Urnierengänge oder die Wolff'schen Gänge (THIERSCH), welche an ihrer äusseren vorderen Seite herablaufen, in das untere Ende der Harnblase, unterhalb der Ureteren münden. Die Geschlechtsdrüsen, Hoden oder Eierstöcke, entstehen selbständig, anfänglich bei beiden Geschlechtern in gleicher Anlage (WALDEYER) an der inneren Seite der Wolff'schen Körper. Gleichzeitig entwickelt sich neben dem Wolff'schen Gang noch ein zweiter Canal, der Müller'sche Gang oder Geschlechtsgang, welcher sich auch in das untere Harnblasenende einsenkt. Dieser Gang verschwindet beim männlichen Geschlecht bis auf die Vesicula prostatica, den Uterus masculinus, wieder, die Geschlechtsdrüse tritt mit dem Wolff'schen Körper, der zum Theil den Nebenhoden bildet, in Verbindung, der Wolff'sche Gang wird Samenleiter. Beim weiblichen Organismus sind dagegen der Wolff'sche Körper und Gang ohne grössere Bedeutung, sie verschwinden bis auf den Nebeneierstock, die Müller'schen Gänge dagegen bilden sich mit ihrem unteren verschmolzenen Ende zu Uterus und Scheide, mit dem getrennt bleibenden oberen zu den Eileitern um. Schon oben wurde erwähnt, dass auch bei den männlichen Embryonen ein Keimepithel wie im Ovarium angelegt wird, aber bald verkümmert. Nach WALDEYER enthält jede Keimdrüse stets die Anlage beider Geschlechter, eine derselben bildet sich zurück. Es tritt auch bei den Embryonen beider Geschlechter zunächst ein Theil der Blinddärmschen des Wolff'schen Körpers mit der Anlage der Keimdrüse in Verbindung, indem sie in dieselbe hineinwachsen. Bildet sich die Keimdrüse zum Eierstock aus, so verkümmern die theilweise hineingewachsenen Wolff'schen Blinddärmschen zu dem Nebeneierstock. Im Gegentheile verlängern sie sich und schlängeln sich knäueiförmig, wenn die Keimdrüse zum Hoden wird. Die nicht mit dem Hoden verwachsenden Canälchen sind die Vasa aberrantia Halleri. Bei beiden Geschlechtern bleiben die oberen blasigen Enden der Müller'schen Gänge, beim Mann als MORGAGNI'sche Hydatide, beim Weib als ein Bläschen in der Nähe der Tuben. Die Reste des Urnierentheils des Wolff'schen Körpers werden beim Weibe zu einem dem Nebeneierstock anliegenden Körper, beim Manne liegen sie am Nebenhoden als GIRALDÈS'sches Organ, Parapididymis.

**Zur vergleichenden Anatomie. — I. Hoden (LEYDIG).** Der Hoden der Wirbelthiere enthält die sekretorischen Zellen theils wie der Menschenhoden in langen Canälchen oder in gestielten oder ungestielten Blasen. Dem Menschenhoden analog verhalten sich die Hoden der Säugethiere, der Vögel, Schildkröten, Saurier, Ophidier, z. B. der Ringelnatter. Bei den Batrachiern erweitert sich das blinde Ende der weniger gewundenen Samencanäle kapselartig. Durch eine gleichzeitige Verkürzung der Drüsencanäle wie bei Salamandern wird der Uebergang zu den Hoden gebildet, die aus gestielten Blasen bestehen (*Coecilia annulata*). Bei Rochen, Haien und Chimären treten die Ausführungsgänge mehrerer solcher Bläschen zu grösseren Stämmchen zusammen, so dass zuletzt nur eine mässige Anzahl Vasa efferentia aus dem Hoden austritt. Bei den Knochenfischen (vielleicht auch bei einigen Vögeln) sind wohl häufig statt der Canäle blasige Räume vorhanden, welche in einen gemeinsamen Hohlraum münden. Beim Stör trifft man dagegen Samencanälchen. Sowohl wenn Canälchen als wenn Blasen den Hoden zusammensetzen, hat man seine bindegewebige Tunica propria und Sekre-

tionszellen im Innern der Drüsenhöhlräume zu unterscheiden, so dass der Hodenbau überall, trotz der geschilderten Formverschiedenheiten im Allgemeinen, eine grosse Uebereinstimmung zeigt. Ebenso löst sich die äusserliche grosse Mannigfaltigkeit der Hodenformen bei den Wirbellosen zu ziemlicher Uebereinstimmung auf, wenn man nur die daran betheiligten Gewebe ins Auge fasst. Auch hier sind dies nur Binde substanz und Sekretionszellen. Bei den Cölenteraten scheinen nur die letzteren das Wesentliche zu sein, es können bei unseren Hydren die Zellen der äusseren Haut durch lokale Vermehrung und Umbildung ihres Inhaltes zu Samenzellen werden. Die der Tunica propria des Hodens aufliegenden Zellen wimpeln bei wenigen Thieren, z. B. bei den eigentlichen Hirudineen.

**2. Eierstock (WALDEYER).** Im Allgemeinen zeigt sich eine Uebereinstimmung mit der männlichen Keimdrüse. Bei den niedersten Thieren scheinen auch die Eierstöcke auf ihr wesentlichstes Element, die Eizelle, reducirt. Bei den Poriferen sollen sich z. B. einzelne Epithelzellen des Canalsystems zu Eiern ausbilden können. Bei den Infusorien ist der Nucleus als weibliches keimproducirendes Organ aufzufassen. Bei manchen Würmern und Cölenteraten sind einzelne Zellen der Leibeswand mit Keimepithel bekleidet, ohne weitere Unterlage, die Zellen wachsen ohne Weiteres zu Eiern aus. Echinodermen, Mollusken und fast alle Arthropoden zeigen besondere, nach dem Typus der schlauch- oder traubenförmigen Drüsen gebaute Organe, bei den meisten finden sich Analogien der Eifollikel, welche bei den Vertebraten zur ständigen Einrichtung werden. Die primordiale Eizelle wird behufs Ausbildung besonderer Nebentheile in ein eigenes Fach eingeschlossen, von einem vascularisirten Stroma umgeben. Die ganze Anlage der Eierstöcke folgt entschieden dem Typus der echten, d. h. epithelialen Drüsen, auch werden epitheliale Gebilde in Form von rundlichen, länglichen oder schlauchförmigen Massen in ein bindegewebiges, gefässführendes Gerüst eingebettet. Erwähnung haben noch die Zwitterdrüsen zu finden, welche bei dem Molluskentypus sehr verbreitet sind, hier werden, mitunter sogar in denselben Follikeln, sowohl Eier als Samenkörperchen aus den Epithelzellen der Drüsenacini gebildet, z. B. bei *Limnaeus auricularis* (EISEN). Beiderlei Zeugungsstoffe können dann ihre Abfuhr durch denselben Ausführungsweg finden.

## Eireifung und Menstruation.

Periodisch, bei dem menschlichen Weibe meist alle 28 Tage, bei Säugethieren in grösseren Zwischenräumen (Brunst), gelangen ein oder mehrere Follikel des Ovariums zur Reife. Die Follikel dienen als Sprengorgane der Eierstockshüllen. Ihre Grösse und die Spannung ihrer Wand nimmt namentlich durch Vermehrung des Liquor folliculi mehr und mehr zu, die reifenden Follikel nähern sich der Oberfläche des Ovariums und kommen schliesslich unmittelbar unter die obersten Bindegewebsschichten zu liegen. Endlich platzt der Follikel mit den ihn noch bedeckenden Ovarialschichten; das Eichen, umgeben von den Zellen des Discus proligerus, wird dadurch mit der Follikelflüssigkeit frei und von dieser in die Tuben eingeschwemmt, welche, wie man annimmt, sich zur Aufnahme des Eies mit ihren Fransen an den Eierstock anlegen. Der Eierstock des menschlichen Weibes enthält in gemässigten Klimaten etwa von dem 15. Jahre an bis zur Mitte der Vierziger reife Eier. Der periodische, von einer Begattung vollkommen unabhängige Vorgang der Eilösung (BISCHOFF) ist mit einer kapillaren Blutung der Uterinschleimbaut verknüpft: Menstruation, Regel, welche meist mehrere Tage anhält. Die Blutung kann schon vor erfolgter Eilösung eintreten (GERLACH). Auch bei den Säugethieren ist die Eilösung mit einem Blutabgang aus den Genitalien verbunden. Bei dem mensch-



lichen Weibe wird meist nur ein Ei bei jeder Menstruation gelöst. Während der Schwangerschaft und Laktation findet normal keine Eireifung und daher auch keine Menstruation statt. (Ueber Menstrualblut cf. S. 443).

PRÜGER hat die Meinung ausgesprochen, dass die mit einer theilweisen Abstossung der oberflächlichen Schicht des Uterusepithels einhergehende Kapillarblutung des Uterus gleichsam eine »Anfrischung der Uterinschleimhaut in chirurgischem Sinne sei, um die Verbindung, gleichsam Verwachsung des befruchteten Eichens mit der Uterinschleimhaut zu ermöglichen. R. SIGISMUND hält die Menstruation für den Process der Ausstossung einer nach jeder Eilösung sich bildenden Decidua, mit welcher das unbefruchtete abgestorbene Ei, in analoger Weise wie bei einem Abortus, unter Blutaustritt ausgestossen werde.

Der geplatzte Follikel bildet sich zum Corpus luteum. Bei dem Zerreißen gelangt (nicht immer, HIS) etwas Blut in seine Höhle. Die Zellen des Follikelepithels wuchern zuerst, gehen dann aber eine fettige Metamorphose ein, die Follikelwand bildet sich zurück, der so gebildete gelbe Körper rückt wieder mehr und mehr in das Innere des Ovariums. Meist schon vor der nächstfolgenden Menstruation schrumpft das Corpus luteum immer mehr, endlich verschwindet es, manchmal einige Pigmentkrystalle, Haematoidin, zurücklassend. GRÜLACH deutete als Reste sich zurückbildender Follikel »scheinbar röhrenförmige Bildungen, welche stark aufgewunden ganz den Eindruck von Samencanälchen machen«. Sie fanden sich in der Mitte eines geschlechtsreifen Ovariums. An der oberflächlichen Rissstelle des Ovariums bleibt eine Narbe, wodurch die anfänglich glatte Ovarialoberfläche mehr und mehr uneben wird. Während der Schwangerschaft entwickelt sich das zuletzt entstandene Corpus luteum zu bedeutenderer Grösse: man bezeichnet solche stärker entwickelte als wahre gelbe Körper, während man die nach jeder Menstruation sich bildenden falsche gelbe Körper nennt.

### Die Befruchtung. Zeugung.

Die Entstehung eines neuen vollkommenen Individuums durch geschlechtliche Zeugung wird durch die materielle Vereinigung der Keimsubstanzen des männlichen und weiblichen Geschlechts eingeleitet. Das Wesen der Befruchtung besteht in dem Eindringen eines oder mehrerer Samenfäden in das Innere des Eies und Verschmelzen der Substanz der weiblichen Keimzelle, des Eies, mit der der männlichen, des Samenfadens (S. 46).

Höchst wahrscheinlich treffen bei dem menschlichen Weibe, wie bei den Säugethieren, Ei und Samen oft schon auf dem Ovarium oder in dessen Nähe in den Tuben zusammen, BISCHOFF fand bei Säugethieren nach der Begattung (nach 20 Stunden bei einer Hündin) Samenfäden auf der Oberfläche des Ovariums. Das befruchtete Ei gelangt meist, wahrscheinlich unterstützt durch die Flimmerbewegung der Tubenschleimhaut, in den durch die Menstrualblutung zu seiner Aufnahme vorbereiteten Uterus, setzt sich an dessen Schleimhaut fest und wird von dieser in noch nicht vollkommen aufgehellter Weise umwachsen.

In Beziehung auf nähere Beschreibung der folgenden Vorgänge der Schwangerschaft und Geburt, sowie auf die Kritik der Lehren über Uberschwängerung und Ueberfruchtung wird auf die Lehrbücher der Geburtshilfe verwiesen.

SPALLANZANI hat zuerst unbestreitbar bewiesen, dass der materielle Contact von Samen und Ei die wesentliche Bedingung der Befruchtung bildet. Nach Unterbindung der Tuben ist die Begattung unwirksam, Frosch- und Fischeier entwickeln sich bei künstlicher Be-

fruchtung, auch Säugethiere können mittelst experimenteller Einspritzung von Samen in die Genitalien befruchtet werden. Schon SPALLANZANI's Versuche wiesen auf die hervorragende Bedeutung der Samenfäden für die Befruchtung hin. Nach den Untersuchungen von BARRY, BISCHOFF und NEWPORT dringen die Samenfäden unter lebhaften Bewegungen mit dem Kopf voran durch die Zona pellucida des Säugethiereies in dieses ein. Bei den Eiern der Insecten und der Eingeweidewürmer etc. sind für das Eindringen der Samenfäden eigene Oeffnungen, Mikropylen, für den Durchtritt der Samenfäden an den festen Eihüllen vorhanden.

**Arten der Zeugung** (CLAUS). — Im ersten Capitel haben die wichtigsten Gesichtspunkte über die Entstehung neuer Individuen schon ihre Darstellung gefunden. Es erübrigt noch, die verschiedenen Formen der elterlichen Zeugung im Einzelnen etwas näher zu betrachten. Sie lässt sich im Allgemeinen immer auf die Absonderung eines körperlichen Theils zurückführen, welcher sich zu einem dem elterlichen Organismus ähnlichen Individuum entwickelt. Als Hauptformen der Zeugung pflegt man zu unterscheiden: Theilung, Sprossung, Keimbildung und geschlechtliche Fortpflanzung. Die drei ersten Zeugungsformen werden als ungeschlechtliche Zeugung zusammengefasst. Die Fortpflanzung durch Theilung findet sich vorzugsweise bei den Protozoën. Die zur Trennung in zwei Individuen führende Abschnürung des Mutterthiers kann longitudinal, transversal und diagonal erfolgen, sie kann vollständig oder unvollständig sein. Im letzteren Falle entsteht durch fortgesetzte unvollständige, dichotomische Theilung, wobei die neuentstandenen Thiere mit den alten im Zusammenhang bleiben, ein sogenannter Thierstock (Vorticellinen, Polypenstöcke). Bei der Keimung geht der Abschnürung oder vollkommenen Theilung ein einseitiges, zur Bildung einer Knospe führendes Wachsthum des Mutterthieres voraus. Tritt keine vollkommene Abtrennung ein, so entstehen auch hier wie bei unvollkommener Theilung Thierstöcke (Polypenstöcke). Bei der Keimbildung sondern sich im Innern des Organismus Zellen oder zellenähnliche Bildungen (Keimkörper) ab, welche sich zu neuen Individuen organisiren können. Bei den Gregarinen löst sich das ganze Mutterthier in Keimkörner, d. h. in ihre Nachkommenschaft auf, meist bildet sich aber nur ein Theil des mütterlichen Organismus zu Keimen um (Trematoden, Sporocysten), und zwar geschieht das in der Mehrzahl der Fälle in einem bestimmten, die Funktion der Fortpflanzung übernehmenden Organe: Fortpflanzungskörper (Infusorien, Cecidomyialarven, vivipare Aphiden, cf. unten).

Die geschlechtliche Fortpflanzung schliesst sich in ihren Grenzformen der Keimbildung vollkommen an. Im Allgemeinen besteht ihr Wesen in der Bildung zweier verschiedener Keime, Eizelle und Samenzelle, deren Conjugation erst zur Entwicklung eines neuen Individuums führt. Die Fortpflanzungskörper bezeichnet man hier als männliche (Samen erzeugende) und weibliche (Eier zeugende) Geschlechtsorgane. Als die ursprüngliche und einfachste Form des Auftretens der Geschlechtsorgane erscheint der Hermaphroditismus. Ei und Same wird von demselben Thiere erzeugt, der Zwitter, Hermaphrodit repräsentirt für sich allein die Art. Am meisten verbreitet ist diese Fortpflanzungsform unter den niederen Thieren, doch findet sie sich in allen thierischen Organisationsplänen (CLAUS). Besonders einzeln vorkommende (Eingeweidewürmer) oder sich langsam bewegende (Land- schnecken, Würmer) oder der Ortsbewegung ganz unfähige Thiere (Tunicaten, Austern) sind hermaphroditisch. In den einfachsten Fällen begegnen und befruchten sich die beiden nachbarlich entstandenen Keime direct im Organismus des Zwitter (Ctenophoren). Bei den Schnecken finden sich noch Eierstöcke und Hoden in derselben Drüse: Zwitterdrüse, vereinigt, die Ausführungswege zeigen dabei aber eine fortschreitende Sonderung. Bei den Trematoden bestehen zwischen den getrennten Ausführungsgängen noch communicirende Gänge, durch welche ein Begegnen der beiden Zeugungsstoffe ermöglicht ist. Endlich leitet der Hermaphroditismus dadurch zur Trennung der Geschlechter über, dass Eierstöcke und Ovarien vollständig getrennte Ausführungswege besitzen, so dass nicht mehr die Selbstbefruchtung, sondern die Wechselbefruchtung zweier hermaphroditischer Individuen, von denen dabei meist jedes die Rolle des Männchens und Weibchens spielt, zur Regel

wird. Verkümmert die eine Form der Geschlechtsorgane theilweise oder vollkommen (*Distomum filicollae* und *haematobium*), so haben wir Individuen getrennten Geschlechtes vor uns.

Die geschlechtliche Zeugung reiht sich noch weiter durch die besonders bei Insekten ziemlich häufig beobachtete (v. SIEBOLD) Parthenogenesis innig an die einfache Keimbildung. Die in einem ausgesprochen weiblichen Organismus, in einem Eierstock entstandene Eizelle ist unter gewissen Verhältnissen ähnlich wie die Keimzelle spontan entwickelungsfähig, ohne Hinzutritt des männlichen Keimstoffs (Bienen, Psychiden, Schildläuse, Rindenzäuser etc.). Bei den sonst eierlegenden und geschlechtlich sich fortpflanzenden Blattläusen kommen Generationen, im Allgemeinen nach dem Typus von Weibchen gebauter viviparer Individuen vor, denen aber die Einrichtungen zur geschlechtlichen Befruchtung mangeln, und deren Eier sich ohne Begattung entwickeln. Auch die *Cecidomyien*larven erzeugen lebendige Junge. In der Anlage der Fortpflanzungsdrüse entsteht bei ihnen sehr frühzeitig eine Anzahl von Fortpflanzungszellen, welche sich sofort ohne Befruchtung zu Larven entwickeln, so dass hier kein Unterschied zwischen der Geschlechtsdrüsenanlage und dem Fortpflanzungskörper der Keimbildung existirt (cf. oben).

Oben (S. 46 und 4036) wurde schon darauf hingewiesen, dass auch das unbefruchtete Säugethiere gewisse erste Stadien der Entwicklung regelmässig durchmacht (BISCHOFF, OELLACHER), es geht jedoch in der Folge sehr bald zu Grunde. Bei der Parthenogenesis schreitet die Entwicklung des Eies bis zu ihrem Endziele fort. Wahre Parthenogenesis ist bisher nur bei Wirbellosen neben geschlechtlicher Zeugung beobachtet worden. Am längsten bekannt ist der Vorgang bei den Bienen. Von dem Hochzeitsflug kehrt die Bienenkönigin mit gefülltem *Receptaculum seminis* in den Bienenstock zurück, sie ist willkürlich (?) im Stande, die von ihr gelegten Eier zu befruchten. Es ist durch die Untersuchungen v. SIEBOLD's u. A. erwiesen, dass nur die Eier, aus welchen sich Arbeiterinnen bilden sollen, befruchtet werden, die Eier, aus denen sich Drohnen, Männchen, entwickeln, bleiben dagegen unbefruchtet. Bei den Psychiden fand v. SIEBOLD das Verhältniss im Allgemeinen analog wie bei den Bienen, die unbefruchteten Eier liefern hier aber nur Weibchen.

Die Parthenogenesis steht mit dem Generationswechsel in einem gewissen Zusammenhang. In der Mehrzahl der Fälle sehen wir aus dem Ei einen jugendlichen Organismus hervorgehen, der sich nach mehr oder weniger grosser Umbildung zum geschlechtsreifen, die Art repräsentirenden Organismus umbildet. Beschränkt sich die nachembryonale Entwicklung nicht nur auf allgemeines Wachsthum und die Ausbildung der Geschlechtsorgane, sondern ist die Körperform des neugeborenen Organismus in wesentlichen Stücken (provisorische Einrichtungen, Larvenorgane) von denen des erwachsenen unterschieden, so bezeichnen wir die Entwicklung als Metamorphose, das unentwickelte Junge als Larve. Der Generationswechsel zeigt uns nun Fälle, bei denen die Entwicklungsvorgänge nicht an einem und demselben Individuum wie bei der Metamorphose ablaufen, bei denen also die gesamte Lebensgeschichte der Art nicht mit der Entwicklung eines Individuums beginnt und abschliesst, sondern sich aus dem Leben und der Entwicklung zweier oder mehrerer Generationen zusammensetzt. Der Larvenzustand, welcher sich zu dem Zustande des vollkommen geschlechtlich entwickelten, die Art repräsentirenden Individuums bei der Metamorphose an ein und demselben Thiere fortbildet, wird bei dem Generationswechsel selbständig, pflanzt sich ungeschlechtlich fort, und erst nach einem gesetzmässigen Wechsel einer oder mehrerer ungeschlechtlich sich fortpflanzender, verschiedenartiger, gleichsam Larven darstellender Generationen entsteht wieder eine geschlechtlich entwickelte, sich geschlechtlich fortpflanzende Generation. Die direkten Nachkommen dieser sind wieder von ihnen verschieden, pflanzen sich ungeschlechtlich durch Knospung oder Keimung fort (Ammen), woraus entweder sofort oder nach einer neuen Ammengeneration (man unterscheidet dann die erste Generation als Grossammen von der zweiten der Ammen) entwickelte Geschlechtsthiere hervorgehen. Unterscheiden sich die Ammen in Gestalt und Lebensverrichtungen wenig von den entwickelten Geschlechtsthiern wie bei Salpen und Aphiden, so

bezeichnet man das wohl auch als *Heterogonie*. Bei Trematoden, Cestoden, Medusen steht die Amme zum Geschlechtsthier im Verhältnisse einer Larve. Ammen und Geschlechtsthier können mit einander zu *polymorphen Thierstöcken* (Siphonophoren) vereinigt sein, wo dann die Individuen in Form, Organisation und Lebensaufgabe verschieden sind (CLAUS).

**Begattungsorgane und Begattung.** Bei den Säugethieren wird der Same zum Behufe der Befruchtung in die weiblichen Geschlechtsorgane eingebracht, die hierbei betheiligten Organe werden als Begattungsorgane, der Akt selbst als Begattung bezeichnet. Das männliche Begattungsglied wird durch die *Erektion* zu dieser Function befähigt. Das Wesen der Erektion besteht in einer strotzenden Blutanfüllung der Corpora cavernosa. Sie scheint auf einer Hemmung des Blutabflusses aus den Schwellkörpern, durch Kompression der abführenden Venen, und gleichzeitig auf einem vermehrten Blutzufuss durch Nachlass einer tonischen Gefässcontraction (KÖLLIKER) zu beruhen. ECKHARDT fand, dass beim Hunde Nervenfasern, welche vom Plexus ischiadicus zum Pl. hypogastricus verlaufen: *Nervi erigentes*, durch ihre Reizung Erektion veranlassen. Sie haben nach demselben Forscher ihren Ursprung im Gehirn und verlaufen durch die Brücke. LOVÉN beobachtete, dass dabei die angeschnittenen Gefässe des Plexus stärker bluten, was für eine Erschlaffung der Gefässwandungen sprechen mag. Der Druck in den Penisgefässen steigt dabei nur auf  $\frac{1}{6}$  des Druckes in der Carotis desselben Thieres (LOVÉN). GÜNTHER und HAUSMANN durchschnitten die vasomotorischen Nerven des Penis, welche durch den N. pudendus und die Nn. dorsales penis gehen, wodurch die Fähigkeit zur Erektion vernichtet wurde. Eine Kompression der abführenden Venen haben die Beobachtungen HENLE's und LANGER's wahrscheinlich gemacht. Nach dem ersteren könnte sie, namentlich bei dem Maximum der Erektion, durch den Musculus transversus peritonei erfolgen, durch den die Vv. profundae hindurchtreten. LANGER weist in demselben Sinne auf die an glatten Muskelfasern reichen Vorsprünge in den Venen des Plexus Santorini hin, sowie darauf, dass die Vv. profundae durch die Corpora cavernosa selbst hindurchlaufen. Der gewundene Verlauf der Arteriae helicinae, welcher eine Verlängerung des Penis ohne Zerrung der Arterien ermöglicht, ist aus der Anatomie bekannt.

Der Same wird bei sensibler Reizung des Penis aus den Samenbehältern durch peristaltische Contraction der Samenleiter und Samenblasen in die Harnröhre und von da durch rhythmische Contractionen der Mm. bulbocavernosi und ischiocavernosi in die weiblichen Geschlechtsorgane eingetrieben, in welchen ebenfalls gewisse Reflexbewegungen (v. BISCHOFF, LOTT u. A.), z. B. senkrechteres Aufstellen des Uterus und peristaltische (antiperistaltische?) Bewegungen des Uterus und der Tuben nach den Ovarien zu eintreten sollen. Die Ursachen des Vordringens des Samens in die Tuben und zum Ovarium sind Einsaugung, Schluckbewegungen des Uterus, antiperistaltische Bewegungen des Tubus, combinirt mit der Bewegung der Samenfasern, welche zwar regellos vor sich gehen, aber unter der grossen Zahl doch einige dem Ziele zuführen. Gar nicht erscheint das nach auswärts schwingende Flimmerepithel der Tubarschleimhaut dazu geeignet.

Nach den Beobachtungen von L. OSER und W. SCHLESINGER werden die Uterusbewegungen vom Gehirn (verlängerten Mark) aus angeregt. Durch Athmungssuspension, durch rasche Verblutung und durch Absperrung der arteriellen Blutzufuhr zum Gehirn wird ein Reizzustand in

demselben gesetzt, durch welchen Uterusbewegungen ausgelöst werden. Im Allgemeinen zeigen die Uterusbewegungen gewisse Analogien mit der Darmbewegung. Auch vom Rückenmarke gehen nach SCHLESINGER Uterusnerven aus. Uterusbewegungen können reflektorisch z. B. durch Reizung der Brustwarzen angeregt werden.

**Entwicklung der äusseren Genitalien (KÖLLIKER).** — Hoden und Eierstöcke liegen Anfangs in der Bauchhöhle an der vorderen inneren Seite der Urnieren neben den Lendenwirbeln. Die Hoden rücken bekanntlich später allmählig nach abwärts (*Descensus testicularum*) und gelangen meist noch vor der Geburt (im 8. Monat) durch den Leisten canal in das Scrotum, in welches sich schon im dritten Monat der *Processus vaginalis peritonei* selbständig ausgestülpt hat. In Ausnahmefällen bleiben ein oder beide Hoden im Leisten canale oder in der Bauchhöhle: Kryptorchidie. Der *Descensus ovarii* ist weniger ausgeprägt als der des Hodens. Es rücken die Eierstöcke gegen die Leistengegend herab, indem sie sich zu gleicher Zeit schief stellen. In sehr seltenen Fällen treten sie wie die Hoden in den Leisten canal und können selbst bis in die grossen Schamlippen herabrücken.

Die äusseren Geschlechtstheile bilden sich bei beiden Geschlechtern aus primär gleicher Anlage. In der vierten Woche zeigt sich nahe am hinteren Leibesende die Kloakenmündung, die gemeinsame Mündung des Darms, des Urachus und der Urnieren. Noch bevor sich diese einfache Oeffnung trennt, erheben sich, etwa in der sechsten Woche, vor derselben ein einfacher Wulst: Geschlechtshöcker, und zwei seitliche Falten: Geschlechtsfalten. Gegen Ende des zweiten Monats zeigt sich weiter die sogenannte Geschlechtsfurche von der unteren Seite des sich mehr erhebenden Höckers zur Kloakenmündung verlaufend. Im dritten Monat, in welchem sich auch die Kloakenmündung in die beiden oben angeführten Oeffnungen durch Bildung des Dammes trennt, treten die Geschlechtstheile deutlicher hervor. Beim männlichen Embryo wird der Genitalhöcker zum Penis, im dritten Monat bildet sich an seiner Spitze eine kleine Anschwellung, die Glans; in der ersten Hälfte des vierten Monats verwächst die Genitalfurche zur Harnröhre, und etwa gleichzeitig verwachsen auch die beiden Genitalien zum Scrotum, eine Naht: *Raphe scroti et penis*, die von der Penisspitze zum Anus läuft, deutet die Verwachungsstelle an. Den hinteren Harnröhrenabschnitt bildet der *Sinus urogenitalis*, als dessen röhrenförmiger Ansatz nun die Harnröhre des Mannes erscheint. Bei den weiblichen äusseren Genitalien verwachsen Geschlechtsfurche und Geschlechtswülste nicht, wodurch der *Sinus urogenitalis* ganz kurz bleibt. Die Genitalwülste werden zu den grossen Schamlippen, die Ränder der Geschlechtsfurche zu den *Labia minora*, von welchen aus dann auch eine Falte um die Glans, die aus dem Geschlechtshöcker sich bildende, lange unverhältnissmässig gross bleibende Clitoris sich erhebt. Der verkürzte *Sinus urogenitalis* bildet eine Grube zwischen den kleinen Schamlippen, in welche die kurze Harnröhre und die Vagina getrennt einmünden.

---



# Alphabetisches Register. \*)

## A.

lung durch die Haut und Lungen 638.  
 künstliche 634.  
 ption der Gase 437.  
 le 344. 556.  
 scanäle 344. 484. 556.  
 bumin cf. Magenverdauung und Muskel.  
 säurereihe 80.  
 modation 836. cf. Ciliarmuskel und Zo-  
 Zinnii.  
 modationsanomalien 838.  
 modationslinie 838.  
 gur 855.  
 aut 802.  
 ss 432.  
 cf. Rectum.  
 ikus, cf. Gehörorgan.  
 ische Endapparate, cf. Gehörorgan.  
 in und Albuminate, cf. Eiweissstoffe.  
 inoide 77.  
 onkrystalle 64. 75.  
 ide 57.  
 ol 81. 494.  
 oin 87.  
 ois 53.  
 n 86.  
 ensäure 65.  
 on 49.  
 onfalte 46.  
 en 422.  
 oide Zellen, cf. Wanderzellen.  
 id 76.  
 on, cf. Stärkemehl.  
 anische Stoffe, cf. Aschenbestandtheile.  
 ckungsstoffe 449.  
 ie 972.  
 516.  
 tsleistung der animalen Organismen 655  
 auch Muskel, Herz, Athmung, Kreislauf.  
 root 493.  
 ik 492.  
 en, cf. Blutgefässe.  
 elles Blut 440.

Aschenbestandtheile 58.  
 Asparagin 66.  
 Asphyxie 548.  
 Assimilation der Pflanzenzelle 64.  
 Asthenopie 845.  
 Astigmatismus 849.  
 Athmung 499. 544. 545. — Athemnerven 544.  
 Theorie derselben 522. — Historisches 524.  
 des Eies 544. — der Gewebe 545. — Haut-  
 athmung 549. 543. — Darmathmung 548. —  
 Kohleensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme  
 522. 528. 538. — Einfluss der Temperatur  
 534. — der Muskularbeit 536. — des Lichts,  
 Tag und Nacht 537. — des Fiebers 538. —  
 des Luftdruckes 548. 560.  
 Athmungsbewegungen 507. — Frequenz 544.  
 — Apparate zu ihrer Messung 542. — künst-  
 liche Athmung 548.  
 Athmungsgeräusche 543.  
 Athmungsfrequenz 544. — Nervöse Einflüsse  
 darauf 544.  
 Atmosphäre, cf. Luft und Luftdruck.  
 Atropin 808.  
 Auge 794. — Historisches 858. — Bau 794. —  
 Entwicklung 820. — Vergl. Anatomie 822.  
 — Schutzorgane 903. — Functionen 825. —  
 Gestalt 804. — Messung derselben 810. —  
 Augenbewegungen 884.  
 Augenleuchten, cf. Augenspiegel.  
 Augenlider, cf. Schutzorgane des Auges.  
 Augenmuskeln 884.  
 Augenpigmente, cf. Retinalpigmente.  
 Augenspiegel 857.  
 Auswurf 520.  
 Automatische Centren im Gehirn und Rücken-  
 mark 988.  
 Axencylinder 42. cf. Nerven, Axenstrang 46.

## B.

Bäder, cf. Hautpflege.  
 Bänder 659. 665.  
 Balgdrüsen 259.

Man vergleiche auch die mehrfachen ausführlichen Inhaltsübersichten.

Handwürmer 178.  
 Bantingkur cf. Fettleibigkeit.  
 Basorin 63.  
 Bauchpresse 364.  
 Bauchspeichel 306. 307.  
 Bauchspeicheldrüse 304. 310.  
 Bauchwand 50.  
 Beckenlarmhöhle 48.  
 Befruchtung der Eizelle 17.  
 Beleuchtung 634.  
 Bell'sches Gesetz 792.  
 Benzoesäure 83.  
 Bergkrankheit 549. 550. 560.  
 Bernsteinsäure 81.  
 Bier 191. 228.  
 Bilicyanin 88.  
 Bilifuscin 88.  
 Biliprasin 88.  
 Bilrubin 88. cf. Galle und Hämatoidin.  
 Bihverdin 88.  
 Bindegewebe 26. 22. cf. Hornhaut.  
 Bindegewebszellen 38. cf. Hornhaut.  
 Blei 486.  
 Blinder Fleck im Auge 862.  
 Blut 26. 28. 386. 402. 410. — arterielles und venöses 410. — physikalische Analyse 387. spezifische Wärme 388 — chemische Analyse 392 401. — bei der Menstruation 4 2. in Krankheiten 27 — Stoffvorgänge im lebenden Blu 42. — Verhalten des Bluts gegen giftige Gase 423.  
 Blutanalyse 435. — Blutuntersuchung u. Nachweis 435.  
 Blutarmuth 430.  
 Blutbahn 439.  
 Blutbewegung 439. 463. 476. 481. 494. — ihre Geschwindigkeit und Bestimmung derselben 483 — im Gehirn und Rückenmark 1001. — Kreislaufschema WERNE'S 475. — Blutkreislauf unter dem Mikroskop 470.  
 Blutdruck 479.  
 Blutdrüsen 386.  
 Blutentziehung 32. 479.  
 Blutfarbestoff 393. 407.  
 Blutgase 403.  
 Blutgefäße 32. 467. — ihr Bau 465. — cf. bei Herz — Nerveneinfluss auf ihre Weite 462. 465. — ihre Bethheiligung an der Resorption 372. — ihre Contractilität 465.  
 Blutgerinnung, cf. Fibrin.  
 Blutgeschwindigkeit 483.  
 Blutkörperchen 33 388 445. — weisse 390. — Untersuchung 391. 392. cf. auch Athmung. — ihre chemischen Bestandtheile 392. 396.  
 Blutkreislauf, cf. Kreislauf des Blutes.  
 Blutmenge 423. 484. 489. — in den Organen 427. cf. Functionswechsel und Blutvertheilung.  
 Blutsalze 414.  
 Bluttransfusion, cf. Transfusion.  
 Blutvertheilung in den Organen 427. cf. Functionswechsel  
 Blutwärme 88.  
 Bouillontafeln 476.

Brantwein 191, cf. Alkohol.  
 Brennmaterial 653.  
 Brenzcatechin 69.  
 Brillen 848.  
 Brod 182.  
 BARNES'sche Drüsen 311, cf. Darmschleimhaut.  
 Brustwarze 159.  
 Buchweizen 180.  
 Butter, cf. Milchpräparate.  
 Buttermilch, cf. Milchpräparate.  
 Buttersäure 65.

## C. (cf. auch K.)

Cacaobutter 65.  
 Caprinsäure 65.  
 Capronsäure 65.  
 Caprylsäure 65.  
 Casein 64. cf. Albuminate, Milch etc.  
 Cellulose 33. 82. — verdaulich 188.  
 Cerebrin 78.  
 Cerebrospinalflüssigkeit 1001.  
 Chenocholsäure 84.  
 Chitin 22. 53. 77.  
 Chlor, cf. Harn.  
 Chlorophyll 61. 63.  
 Cholesterin 81. 349.  
 Choletelin 88.  
 Cholin 79.  
 Choloidinsäure 84.  
 Cholsäure (Cholalsäure) 84.  
 Chondrigene Substanz 77.  
 Chondrin 77.  
 Chorda dorsalis 46.  
 Chorion 53.  
 Choroiden, cf. Aderhaut und Auge.  
 Chromatische Abweichung des Auges 351.  
 Chylus 344. 378. 378.  
 Chylusbewegung, cf. Lymphbewegung.  
 Chylusgefäße 374.  
 Chymus 286.  
 Ciliarmuskel 303, cf. Accommodation.  
 Cocosnussbutter 65.  
 Cohäsion 125.  
 Collagen 77.  
 Colloidsubstanzen 160.  
 Colostrum 60.  
 Colostrumkörperchen 118. 160.  
 Concretionen des Harns, cf. Harnsteine. Gallensteine.  
 Contractilität der Zellen 38. 115. 119. — d. Muskels 700.  
 Cornea 797, cf. Auge.  
 Cowri'sches Organ 930.  
 Cystin 86. 580. 603. 606. cf. Harnsteine.

## D.

Darm 291. 299. 303. 364. 365.  
 Darmathmung 543.  
 Darmbewegung 344. 361. 363.

Darmdrüsen 300, cf. Darmschleimhaut.  
 Darmentleerungen, cf. Koth.  
 Darmfaserplatte 49.  
 Darmgase 339.  
 Darmnabel 47, cf. Nabel.  
 Darrrinne 49.  
 Darmsaft 299.  
 Darmschleim 299.  
 Darmschleimhaut 294. 299. 303. 364. 365.  
 Darmverdauung 299.  
 Darmzotten 367. 369. 370.  
 Desinfection der Darmentleerungen und  
 Wäsche 344.  
 Dextrin 82. 269.  
 Diabetes mellitus, Zuckerharnruhr 90. 596.  
 Dialyse 429.  
 Diapedesis, cf. Blutkörperchen.  
 Diastase, cf. Ptyalin.  
 Dickdarm 302. — Resorption in demselben  
 373.  
 Dickdarmsaft 302.  
 Dickdarmverdauung 335.  
 Diffusion 436.  
 Dioptrik des Auges 825. 832.  
 Disdiaklasten, cf. Muskel.  
 Doppelbrechende Körperchen cf. Muskel.  
 Doppeltsehen 897.  
 Dotter 8. cf. Ei. — Nebendotter 26. — Haupt-  
 dotter 26.  
 Dotterblättchen 64.  
 Dottersack 50.  
 Druck im Blutgefässsystem, cf. Blutdruck.  
 Druckempfindungen 782.  
 Drüsen und Drüsengewebe 33. 35. — ihre  
 Formen 36. — einzellige 36. — Magendrüsen  
 36. — Darmdrüsen 36. — Schweissdrüsen  
 36. — traubenförmige Drüsen 36. — ihre  
 Entwicklungsgeschichte und vergl. Ana-  
 tomie 37. — als Nahrungsmittel cf. Fleisch.  
 Dünndarm 299.  
 Dünndarmbewegungen 364.  
 Dünndarmsaft 304.  
 Durst 248.  
 Dyslisin 84.  
 Dyspnoe 348.

## E.

Ei, Eizelle 8. 95. 4042. — holoplastische 9,  
 meroplastische 9. — Befruchtung ders. 46.  
 — Furchung 45. — partielle 46. 23. — totale  
 24. 22. — zusammengesetzter Eier 26. —  
 Vergl. Physiologie 96. — Eirespiration 544.  
 — Chemie und Stoffwechsel 92. — Eier als  
 Nahrungsmittel 476.  
 Eieralbumin 57.  
 Eier der Fische 96, der Amphibien 96, der  
 Vögel 96.  
 Eierstock 4042.  
 Eihüllen, fötale 53.  
 Einsalzen des Fleisches, cf. Fleischpräparate.  
 Eiter, Farbstoffe 89.

Eiweiss 57. 63. 74. — Pflanzeneiweissstoffe 64.  
 — Eiweiss, circulirendes und Organeiweiss  
 244. — Eiweissnahrung 246. 550. — cf. Al-  
 buminate im Harn 594.  
 Eiweisskrystalle, cf. Dotterblättchen.  
 Ektoderm 23.  
 Elastin 77.  
 Elastisches Gewebe und Substanz 29.  
 Elasticität des Muskels 699.  
 Electricität, thierische 734. — Historisches 735.  
 — Theorien 749, 754.  
 Elektrische Apparate 766.  
 Elektrische Reizung 758. — Elektrische Fische  
 764.  
 Electrotonus 753, 762.  
 Elementaranalyse, chemische 57.  
 Embryonalfleck 22.  
 Empfindungs-Qualitäten 778.  
 Empfindlichkeit der Haut, cf. Gemeingefühl.  
 Emydin 75.  
 Endosmose 382.  
 Energie, specifische, cf. Empfindung.  
 Entoderm 22.  
 Entoptische Wahrnehmungen 853.  
 Entotische Wahrnehmungen 940.  
 Epidermis, cf. Haut 33. 35.  
 Epithelien 33.  
 Erbrechen 298.  
 Erbrochenes 298.  
 Erhaltung der Kraft, Gesetz derselben 98. —  
 die Ernährungsgesetze beruhen darauf 405.  
 Erkältung 626.  
 Ermüdung und ermüdende Substanzen 420.  
 744.  
 Ermüdungsgefühl cf. Turnen.  
 Ernährung 58. 154. — Gesetz derselben 405.  
 498. — Historisches 498. — niederer Thiere  
 68.  
 Ernährungstheorie, mechanische 244.  
 Ernährungsversuche, Methoden derselben 246.  
 250.  
 Ernährungsweisen, verschiedene 246. 284. —  
 mit Fleisch 246; mit Fett 222; mit Zucker,  
 Stärke und Leim 224; mit anorganischen  
 Stoffen 226; mit Extractivstoffen des Flei-  
 sches etc. 226. — Ernährung der Truppen  
 237; des Volkes 233; der Armen 243; in  
 Anstalten und Familien 244; der verschie-  
 denen Lebensalter 243. — als Krankheits-  
 ursache 243.  
 Erregbarkeit, cf. Muskel- und Nerven-  
 erregbarkeit.  
 Erstickung 548.  
 Essigsäure 65.  
 Excremente, cf. Koth.  
 Extractum carnis, cf. Fleischextract.  
 Extremitäten, Bildung derselben 54. — ihre  
 Functionen bei Skelet 668.

## F.

Fäulniss 443. 445.  
 Farbenblindheit 869.  
 Farbenkreisel 868.

Farbenmischung 866. 867.  
 Farbenwahrnehmung 865.  
 Farbenzerstreuung im Auge 854.  
 Farbstoffe, thierische 87.  
 Fascien, cf. Sehnen.  
 Faserknorpel, cf. Knorpel.  
 Faserstoff 74, cf. Blutgerinnung.  
 Federkymographion 487.  
 Fermente, thierische 68, 70, 79, 119. cf. Verdauung.  
 Fernsichtigkeit 846.  
 Fettbildung im animalischen Organismus 78, cf. Milch.  
 Fette 64. 80. — Als Nahrungsmittel 176. 222.  
 Fettgewebe 80.  
 Fettleibigkeit 244.  
 Fettmetamorphose 144.  
 Fettnahrung 222.  
 Fettsäure 64. 80.  
 Fettverdauung und -Resorption 371.  
 Fibrin 74. 397.  
 Fibrinogene und  
 Fibrinoplastische Substanz 75. 397.  
 Fieber 228. 538. 647.  
 Filtration 134.  
 Finne 178.  
 Fische, elektrische 764.  
 Fischthran 176.  
 Fistelstimme 685. 686.  
 Fleisch als Nahrungsmittel 169. — seine Zusammensetzung 170. — Untersuchung 178. — Veränderungen 177.  
 Fleischasche 170.  
 Fleischextract (Fleischsuppe) und Fleischinfus 174. 191. 226. 707.  
 Fleischmilchsäure 82. cf. Muskel und ermüdende Substanzen.  
 Fleischnahrung 216.  
 Fleischpräparate 174.  
 Fleischzubereitung 172.  
 Fleischzucker 708.  
 Flimmerzellen 115. 120.  
 Flüssigkeitsbewegung in Röhren 472  
 Flughaut 40.  
 Fluor und Fluorcalcium, cf. Zähne, Knochen.  
 Follikel, cf. Darmschleimhaut, Mandeln.  
 Fontana'sche Bänderung des Nerven 727.  
 Fovea centralis retinae, cf. gelber Fleck.  
 Froschpräparat 738.  
 Froschstrom 737.  
 Fruchthof 22.  
 Fruchtzucker 64.  
 Füße, nasse 652.  
 Fusspflege 652, cf. Hautpflege.  
 Furchung der Eizelle 15.  
 Furchungskugeln 16.  
 Fuselöl, cf. Schnaps.

## G.

Gährung, Gährungserreger 69. cf. Fermente.  
 Gänsegalle 84.  
 Galle 319. — ihre Absonderung 321. 322. — ihre Menge beim Menschen und bei Thieren

325. — ihr Nachweis 333. — spektroskopische Untersuchung 410. — ihr Nutzen für die Verdauung 326. cf. Koth, Herzbewegung, Harn.  
 Gallenfarbstoff 88.  
 Gallensäuren 84. 580.  
 Gallensteine 334.  
 Ganglienzellen 41. 1006.  
 Gase, ihre Diffusion 92. — giftige, im Blut 433. bei der Athmung 560.  
 Gefäßsystem 438.  
 Gehen, Mechanik desselben 677. 681.  
 Gehirn 961. 996. — seine Circulationsverhältnisse 1001. — Einwirkung konstanter elektrischer Ströme 762. — seine Chemie 999.  
 Gehirnanhang 423.  
 Gehirnnerven 1002.  
 Gehörknöchelchen 919.  
 Gehörssinn 904, cf. Ohr.  
 Gelber Fleck im Auge 812.  
 Gelenke 666.  
 Gemeingefühl 791.  
 Gemüse als Nahrungsmittel 184.  
 Gemüthsbewegung, ihr Einfluss auf das Herz 456.  
 Genussmittel 188.  
 Geruchsorgan und  
 Geruchssinn 213. 947.  
 Geschmacksorgan und  
 Geschmackssinn 213. 952.  
 Geschmackswärzchen 259.  
 Gesichtsempfindungen 859.  
 Gesichtsfeld 833. 884.  
 Gesichtssinn, cf. Auge.  
 Gesichtstäuschungen 887.  
 Gesichtswahrnehmungen 877.  
 Getreide als Nahrungsmittel 179.  
 Gewebe, ihre Bildung 21. — lebendes Gewebe 29.  
 Gewebsathmung 545.  
 Gewürze 192. 280.  
 Giftdrüsen der Schlangen 273.  
 Glaskörper des Auges 818.  
 Glatte Muskelfasern 18. cf. Blutgefässe, Darm, Tonus.  
 Gleichgewichtssinn 793.  
 Globulin 75.  
 Glutin 77.  
 Glycerin 75. — als Nahrungsstoff 176.  
 Glycerinphosphorsäure 79.  
 Glycin 77. 83.  
 Glycocholsäure, cf. Gallensäuren 84.  
 Glycocoll, cf. Glycin 77. 83.  
 Glycogen 78. 82. 315.  
 GRAAF'sche Follikel 1044.  
 Grössenwahrnehmung 886.  
 Grosshirnganglien 993.  
 Grosshirnrinde, ihre Funktionen 969.  
 Grünblindheit, cf. Farbenblindheit.  
 Grundfarben 868.  
 Grundluft 555.  
 Grundwasser 157.  
 Guanin 87.

**H.**

Haare 617.  
 Halbzirkelförmige Canäle 924.  
 Hals 51.  
 Hallucinationen, cf. Phantasmen.  
 Hämatin 87. 394. 408.  
 Hämatoidin 88.  
 Hämin 87 — Häminprobe, cf. Blutunter-  
 suchung.  
 Haemochromogen 394.  
 Hämodromometer 483.  
 Hämodynamometer 478.  
 Hämoglobin (Hämatoglobulin, Hämatokry-  
 stallin) 76. 393. 407. 413.  
 Hämotachometer 483.  
 Harn 561. 576. cf. Harnbestandtheile.  
 Harnanalyse 586. 613.  
 Harnausscheidung 573. 585.  
 Harnbestandtheile, organische 577; anorga-  
 nische 612. — zufällige 612. — Harnfarbe  
 583. 589. — Eiweiss 591. — Zucker 594. —  
 seine Reaction 582. — sein specifisches Ge-  
 wicht 854. cf. Harnanalyse.  
 Harnfarbstoffe 88. 580. 583. 589.  
 Harngase 570.  
 Harnkanälchen 563.  
 Harnmenge 584.  
 Harnsäure 86. 579. 602.  
 Harnsedimente 605.  
 Harnsteine 610.  
 Harnstoff 59. 83. 317. 577. 597. 624.  
 Harnwege 562. 567.  
 Haut 615. — Resorption durch dieselbe 627. —  
 als Sinnesorgan 775.  
 Hautathmung 519. 543.  
 Hautfaserplatten 48.  
 Hautmuskeln 40.  
 Hautpflege 627.  
 Hautpigmente 89.  
 Hautsinn 775.  
 Hautthätigkeit, Unterdrückung derselben 623.  
 625.  
 Hefe, cf. Gährung.  
 Heilgymnastik 723.  
 Heizung 653.  
 Herz 39. 439. — seine Anatomie 442. 449. 457.  
 — Lageveränderung bei der Contraction 448.  
 — sein Volumen 490. — seine Pubertäts-  
 entwicklung 490.  
 Herzarbeit 480.  
 Herzbewegung 445. 451. 453.  
 Herzklappen 449.  
 Herzkraft 480.  
 Herznerven 452. 454. 456.  
 Herztöne 450.  
 Hippursäure 83. 579.  
 Hirnblasen 47.  
 Hoden 1036.  
 Hören 938. cf. Gehörssinn.  
 Hörhaare 937.  
 Hornhaut, cf. Cornea.

Hornblatt 46.  
 Hornstoff 77.  
 Horopter 900.  
 Hühnereier 23. 97.  
 Hülsenfrüchte 180. 218.  
 Humöse Scheidewände 129.  
 Humor aqueus 820.  
 Hunger 219. 248.  
 Husten, cf. Reflexe.  
 Hyalin 77.  
 Hydrodiffusion 126.  
 Hydrodynamik, cf. Flüssigkeitsbewegung.  
 Hyocholsäure 84.  
 Hypermetropie 848.  
 Hypoxanthin 87.

**I.**

Ictidin 75.  
 Identische Netzhautpunkte 898.  
 Idiomuskuläre Contraction, cf. Muskelcon-  
 traktion.  
 Imbibition 130.  
 Imbibitionsgesetz lebender Gewebe 132.  
 Indican 88.  
 Indigo 88.  
 Indol 88.  
 Induktionsapparate, cf. elektrische Apparate.  
 Infusum carnis 174.  
 Inosinsäure 87.  
 Inosit 81.  
 Intercellularsubstanz 19. 30. cf. Hornhaut.  
 Intermediärer Säftekreislauf, cf. Säftekreislauf.  
 Inulin 64.  
 Iris 802. 805. cf. Pupille und Accommodation.  
 Irrespirable Gase, cf. Gase, giftige.  
 Irritabilität 719.  
 Isländisches Moos 183.  
 Isolirte Leitung, Gesetz derselben 760. 775.

**K.**

Käse 168.  
 Käsestoff, Casein 74.  
 Kaffee 190.  
 Kaffein 190.  
 Kalialbuminat 74.  
 Kalisalze 129.  
 Kalk, cf. anorganische Stoffe und Trinkwasser.  
 Kapillargefäße des Blutes 372. 466. 469.  
 Kariolytische Figur 15.  
 Karpfenei 97.  
 Kartoffel 181.  
 Kastanien als Nahrung 181.  
 Kauen 347.  
 Kauwerkzeuge 355.  
 Kautschuk, sein Verhalten bei Erwärmung und  
 Dehnung 105.  
 Kehlkopf 682.  
 Kehlkopfspiegel 691.  
 Keimbläschen 8.  
 Keimblase 22.  
 Keimblätter 21. 26.



Keimfleck 8.  
 Keimzelle 8. cf. Ei.  
 Keimsubstanz der Zelle 8.  
 Keratin 77.  
 Kieferbewegungen 354. 356.  
 Kiemen 505.  
 Kiemenbogen 54. 505.  
 Kiemenspalten 54.  
 Kinderernährung durch Milch 466.  
 Kindersuppe nach J. v. Litzke 245.  
 Kittsubstanz 49.  
 Kitzel 785.  
 Klang, cf. Gehörorgan.  
 Kleber, cf. Albuminate der Pflanzen.  
 Kleie 482.  
 Kleider 650.  
 Kloakenflüssigkeit 453. 344.  
 Klystiere, nährnde 378.  
 Knochen 31. 655. 660. — Wachstum 662.  
 — chemisch-physikalische Eigenschaften 664.  
 Knochenleim, cf. Leim.  
 Knochenmark als Bildungsstelle der rothen Blutkörperchen 422.  
 Knorpel und Knorpelzellen 38. 34. 642.  
 Knorpelleim 77.  
 Knospenbildung, cf. Zeugung.  
 Kochgeschirr, in hygienischer Beziehung 486.  
 Kochsalz als Nahrungstoff 204. 205.  
 Körperbestandtheile, zufällige 89.  
 Kohlehydrate 64.  
 Kohlendunst 408.  
 Kohlenoxyd 408.  
 Kohlensäure Bestimmung 557. cf. Athmung.  
 Ventilation  
 Kolostrum, cf. Colostrum.  
 Koordinirte Bewegungen 993.  
 Kopf, Bildung desselben 51.  
 Kopfbewegung 884.  
 Kopfdarmhöhle 48.  
 Kopfsalte 46.  
 Kopfkürmmung 54.  
 Kolb 336. 344.  
 Kothsalze 339. s. Untersuchung 337.  
 Kraftmaschine des animalen Organismus 446.  
 Kraftquellen des Organismus 446.  
 Kraftsinn 792.  
 Krankenkost 245.  
 Kreatin 86. 579. 602. cf. Muskeln, Harn.  
 Kreatinin 86. 579. 602. cf. Muskeln, Harn.  
 Kreislauf des Blutes 439. — embryonaler 55.  
 cf. Blutkreislauf  
 Kreislaufschema von Weber 475.  
 Kreislaufszeit des Blutes 482.  
 Kryptophansäure 580.  
 Krystalle im Zellinhalt und Dotter, cf. Dotterblättchen.  
 Krystalllinse 846.  
 Krystalloidsubstanzen 429.  
 Kupfer 487.  
 Kurzsichtigkeit 848.  
 Kymographion 486.

## L.

Laab cf. Magensaft.  
 Laabdrüsen 36. cf. Magenschleimhaut.  
 Labyrinth des Ohres 324.  
 Lebensalter, ihre verschiedene Ernährung 246.  
 Leber 344. 328. 329. 330. ihre Glycogenbildung 543. — Harnstoffbildung 347. cf. Bildung.  
 Leberabsonderung 324.  
 Leberprobe 322.  
 Leberthran 476.  
 Leberzellen, ihre chemischen Bestandtheile 543.  
 Lecithin 78. 249.  
 Legumin, cf. Erweissstoffe der Pflanzen.  
 Leguminosen cf. Hülsenfrüchte.  
 Leihwäsche 626.  
 Leichenerscheinungen 443.  
 Leichenstarre 445.  
 Leichenwachs 444.  
 Leim 78. 77. als Nahrungsmittel 476.  
 Leimgebende Substanz 77.  
 Leimpepton 73.  
 Leimzucker, cf. Glycin 77.  
 Leitung der Erregung im Nerven und Muskel 742. — im Gehirn und Rückenmark 926.  
 Leitungsvermögen, elektrisches, der Gewebe 744. — akustisches der Knochen 943.  
 Leseproben 849.  
 Leucin 77. 85.  
 Leukämie 77. 446.  
 Licht cf. Sehen. — sein Einfluss auf den Stoffwechsel 230 — auf die Athmung 537.  
 Lichtempfindung, cf. Auge.  
 LIEBERKUHNSche Drüsen, cf. Darmschleimhaut.  
 Linse des Auges, cf. Krystalllinse.  
 Linsen, cf. Hülsenfrüchte.  
 Lösung 427.  
 Luft, cf. bei Athmung und Ventilation. — ihr Ammoniakgehalt 557, Kohlensäuregehalt 557.  
 Luftanalyse, chemische 557.  
 Luftdruck, sein Einfluss auf die Athmung und das allgemeine Befinden 546.  
 Lunge 499. — ihre Anatomie 499. — Chemie 506. — Lufterneuerung in ihr 544. — Bewegungen 549. — ihr Auswurf 520.  
 Lymphe 33. 334. 378. 378. — Menge 380. 381. 382. — Bewegung 32. 496.  
 Lymphdrüsen 376. 384.  
 Lymphgase 384.  
 Lymphgefäße 32. 374. 384.  
 Lymphgefäßsteln 384.  
 Lymphherzen 385.

## M.

Macula lutea retinae 842.  
 Magen und Magenschleimhaut 277. 294. 337. 360. — Selbstverdauung desselben 364.

Magenathmung, cf. Darmathmung.  
 Magenbewegungen 357.  
 Magencontenta, ihre Untersuchung 297.  
 Magendrüsen 278. — ihre Absonderung 279.  
 Magenerweichung 286.  
 Magenerweiterung 298.  
 Magenfistel beim Menschen 284. 289.  
 Magengase 288.  
 Magensaft 280. 285. — seine Absonderung 279.  
 Magenschleim 284.  
 Magerkeit 244.  
 Magnetelectromotor, cf. electriche Apparate.  
 Malzextrakt 192, cf. Alcohol.  
 Mandeln, cf. Tonsillen.  
 Mandelöl 65.  
 Meconium, cf. Koth.  
 Medullarplatte 46.  
 Medullarrohr 44.  
 Mehl 179.  
 Mehluntersuchung 180.  
 Melanin 89.  
 Menstrualblut 413.  
 Meridian des Auges 884.  
 Mesoderm 23.  
 Methylamin 83.  
 Mikrochemie 92.  
 Milch 158. 161. — Veränderung 166. 168. —  
 Verfälschung und Analyse 167. — als Krank-  
 heitsursache 167. — Milchnahrung 165.  
 Milchdrüse 158. 168. 169.  
 Milchfieber 164.  
 Milchkügelchen 164.  
 Milchmenge 161.  
 Milchplasma 161.  
 Milchproben 167.  
 Milchtransfusion 433.  
 Milchsäure 80.  
 Milchzucker 82.  
 Milz 417.  
 Milzblut 420.  
 Mitbewegungen 995.  
 Mitempfindungen 995.  
 Molekularstructur organisirter Gebilde 423.  
 Molke, cf. Milch.  
 Monadentheorie, LEIBNIZ'sche 4.  
 Motorische Punkte 774.  
 Mouches volantes 853.  
 Mucin 76.  
 Multiplikator 738.  
 Mund 51.  
 Mundhöhle, Verdauung in derselben, ihre  
 Schleimhaut und Drüsen 258. 272. 348; als  
 Geschmacksorgan 954.  
 Murexid 86. cf. Harnsäurenachweis.  
 Musculus ciliaris, cf. Ciliarmuskel.  
 Muskel 38. 693. 705. 711. 747.  
 Muskelarbeit und Athmung 536.  
 Muskelbewegung, ihr Einfluss auf den Stoff-  
 wechsel 231. cf. Functionswechsel und Blut-  
 vertheilung.  
 Muskeleiweissstoffe 706.  
 Muskelerregbarkeit 719.  
 Muskelfasern 38.  
 Muskelgefühl 794.

Muskelreize 719.  
 Muskelrespiration 709.  
 Muskelserum 706.  
 Muskelstarre 718.  
 Muskelstrom, elektrischer 736. 739.  
 Muskelzuckung 704.  
 Mutterkorn, sein Nachweis 180.  
 Myographion 703. 744.  
 Myopie, Kurzsichtigkeit 848.  
 Myosin 75. cf. Muskeleiweissstoffe.

## N.

Nabel 50. 55.  
 Nabelblase 50.  
 Nabelstrang, sein Gewebe 18.  
 Nägel 619.  
 Nahrungsbedürfniss 248.  
 Nahrungsmenge 231.  
 Nahrungsmittel 151. 179. — ihre freiwilligen  
 Veränderungen 184.  
 Nahrungsstoffe 197. 252.  
 Nase 947.  
 Nebenniere 423.  
 Negative Schwankung des Muskel- u. Nerven-  
 stroms 742.  
 Neigungsströme 741.  
 Nerven und Nervengewebe 41. 724. 1002. —  
 Entwicklung 41. — Allgemeine chemische  
 Physiologie 725. — Chemische Veränderung  
 bei Ruhe, Arbeit und Absterben 728. 730. —  
 Sensible Nerven, cf. Sinnesorgane.  
 Nervenendigungen, cf. die einzelnen Organe.  
 Nervenendkolben cf. Tastorgane.  
 Nervenermüdung 730.  
 Nervenirregbarkeit 744.  
 Nervenirregung, deren Fortpflanzungsge-  
 schwindigkeit 742.  
 Nervenfasern 42. 1002.  
 Nervenleitungsgesetze 760. 775.  
 Nervenphysiologie 724.  
 Nervenreize 732.  
 Nervenstrom, elektrischer 736.  
 Nervenwurzeln 50.  
 Nervenzellen, Ganglienzellen 41. 1005.  
 Nervöse Centralorgane 961.  
 Netzhaut, cf. Retina.  
 Neurin 79.  
 Nicotin 190.  
 Nieren 561. 562. 568. 570. — Stoffwechsel ders.  
 571. — ihre Ausscheidung, cf. Harn.  
 Nierenblut 572.  
 Niesen, cf. Reflexe.  
 Nuclein 79. 219.

## O.

Oberhautgewebe 33.  
 Obst als Nahrungsmittel 183.  
 Oedem 383.  
 Oele 64.  
 Oelsäure 65. 80.

Ohr, cf. Gehörssinn, seine Anatomie und Physiologie 904. 912. — seine Entwicklung und vergl. Anatomie 944. 943. — Aeusseres Ohr 912. — Mittleres Ohr 944. 949. — Trommelfell 946. 921. — Labyrinth 934. — Hörhaare 937. — Corti'sches Organ 930. — entotische und subjektive Schallempfindungen 940.

Ohrensausen 913.

Ohrenschnitz 913.

Ohrenschnitzdrüsen 913, cf. Schweissdrüsen 620.

Olive 181.

Olivenöl 65.

Ophthalmometer 804.

Ophthalmoskop, cf. Augenspiegel.

Ophthalmotrop 883.

Optik, physiologische 825.

Optometer 849.

Ora serrata retinae, cf. Retina.

Organe, ihre Entstehung 44. — ihr dynamisches Gleichgewicht 206. — Organgewichte bei verschiedenen Lebensaltern und Geschlechtern 496.

Organeisweiss, cf. Eiweissstoffe.

Organische Säuren 57. 64. 80. 90.

Organische Stoffe, ihre Zusammensetzung und ihre Entstehung 65. 69.

Orthoskop 806.

Osmose 428. 382.

Ossification, cf. Knochenbildung.

Otolithen 926.

Ovarium, cf. Eierstock.

Oxalsäure 84. cf. Harnsteine.

Oxydation als Lebensprincip 58, cf. Ernährungsgesetze.

Oxyhämoglobin, cf. Hämoglobin.

Ozon 114.

## P.

PACINI'sche Körperchen 783.

Palmitinsäure 65.

Palmöl 65.

Pankreas und Pankreasverdauung 304, cf. Bauchspeicheldrüse.

PAPIN'scher Topf 176.

Paraglobulin 75.

Paralbumin 75.

Paramilchsäure 84.

Paramylon 82.

Parapepton, cf. Pepton u. Syntonin 75.

Parelectronomie 754.

Pemmican, cf. Fleischpräparate.

Pepsin 282. cf. Fermente.

Peptone 73. 219. 282. cf. Magen- und Darmverdauung. — im Harn 592.

Perimysium, cf. Muskel.

Periost, cf. Knochen.

Peristaltische Bewegungen 361.

Perspective 892. — Luftperspective 891.

PETTENKOFER'sche Probe 84.

Pflanzenathmung 62.

Pflanzencasein oder Legumin 64.

Pflanzenfibrin 64.

Pflanzenkäse 180.

Pflanzenleim 64.

Pflanzenschleim 63.

Pflanzensäfte 185.

Pflanzenzelle 9. 10. — ihre Chemie 61. — ihre Vermehrung 16.

Pflanzliche Nahrungsmittel 179.

Pflaumen als Nahrungsmittel 183.

Phantasmen 861. 887.

Phosphen 860.

Phosphor 57.

Phosphorsäure 58.

Phosphorsaure Salze 92. — als Nahrungsmittel 226. cf. Knochen, ermüdende Stoffe. — ihre Bestimmung bei Harn.

Phosphorsaure Ammoniak-Bittererde 609. — Bittererde 92.

Phosphorsaurer Kalk 92.

Phosphorsaures Eisen 92. — Kali 92. — Natron 92. — Natron-Ammoniak 92.

Phosphorwasserstoffgas 434.

Phrenograph 512.

Pigment, cf. Farbstoffe.

Pigmente der Retina 843.

Pigmenteinlagerung in die Lunge 502.

Pigmentzellen 30.

Pikrinsäure 593.

Pilze im Speichel 272. — im Erbrochenen 296.

Placenta 55. 504.

Placentarkreislauf 497.

Pleuraflüssigkeit 506.

Pleuroperitonealhöhle 49.

Pneumograph 514.

Polarisationsapparat 593.

Porencanäle 5.

Presbyopie 847.

Primitivrinne 45.

Primordialei 8.

Primordialzelle 10.

Prostata 503.

Protagon 78.

Protisten 7. 8.

Protoplasma 19. 116.

Protoplasmafortsätze, cf. Ganglienzellen.

Protoplasten 7. 8.

Psychomotorische und psychosensorische Centren im Gehirn 973.

Psychophysisches Gesetz 874.

Ptyalin 270. cf. Fermente.

Pubertätsentwicklung des Herzens und der übrigen Organe 490.

Puls 485.

Pulsfrequenz, ihre Beziehung zur Kreislaufzeit und zur Blutmenge 489. — zur Temperatur des Körpers 644.

Pulsmessung 486.

Pupille 805. cf. Iris.

Pupillarebene 806.

Pyocyanin 89.

Pyoxanthin 89.

Pyrheliometrische Messungen. 107.

**Q.**

Quecksilber im Speichel 274. — in den Organen 333.  
 Quellung lebender und todter Gewebe 29.  
 Quellungsmaximum 130.  
 Quergestreifte Muskeln, cf. Muskel.

**R.**

Räuchern des Fleisches, cf. Fleischpräparate.  
 Rapsöl 65.  
 Raumsinn 787.  
 Rectum 365. — Bildung des Afters 364.  
 Reduction 59.  
 Reflexe 977. 993.  
 Reflexerschaffung 985.  
 Reflexhemmung 986.  
 Reflexlähmung 986.  
 Refraktionsanomalien des Auges 844.  
 Regenbogenhaut, cf. Iris.  
 Regenwasser zum Trinken 156.  
 Reize für Muskel und Nerven 120. 719. 732. 758.  
 Resonatoren 909.  
 Resorption, cf. Osmose. — der Nahrungsstoffe im Blut 366. — des Fettes im Darm 371. — Betheiligung der Blutkapillaren 372. — des Dickdarms 373. — durch die Haut 627.  
 Respiration, cf. Athmung. — künstliche 518.  
 Respirationsapparate 527.  
 Rete Malpighii, cf. Haut.  
 Retina 808. cf. Netzhaut.  
 Retinalpigmente 87. 813.  
 Revalenta arabica 246.  
 Rheoskop, physiologisches 738.  
 Rhizopoden 122.  
 Rhodankalium 268.  
 Richtung des Sehens 888.  
 Richtungslinie 888.  
 Richtungsstrahl 888.  
 Riechen, cf. Geruchssinn.  
 Riechzellen 948.  
 Riffzellen 35.  
 Rippen, Betheiligung an der Athmung 508.  
 Rohrzucker 64.  
 Rotationsapparat, magneto-elektrischer 769.  
 Rothblindheit, cf. Farbenblindheit.  
 Rücken, Bildung desselben 51.  
 Rückenfurche 45.  
 Rückenmark 961. 1008. — sein Electrotonus 762.  
 Rückenmarksnerven 1016.  
 Rückenmarksseele 977.  
 Rückensaite 46.  
 Rückenwülste 46.  
 Runkelrübe als Nahrungsmittel 184.

**S.**

Saftcanälchen 20. cf. Hornhaut.  
 Säftekreislauf, intermediärer 228.  
 Sagostärke 183.  
 Salpetersäure im Trinkwasser 154.

Salpetersaures Ammoniak 92.  
 Salpetrigsaures Ammoniak 92.  
 Salze 92.  
 Salzsäure 92. — cf. Speichel, Magensaft.  
 Same und Samenfäden 1038. — cf. Harn.  
 SAMSON'sche Bildchen 840.  
 Sarcine 298.  
 Sarkin 87.  
 Sarkolemma, cf. Muskel.  
 Sarkosin 83.  
 Sättigung 248.  
 Säurebildung in den Geweben 93. 708. cf. Ermüdung.  
 Säuren, organische 57. 64; — fette 64. — anorganische 92.  
 Sauerstoff 57. cf. Chemie der Pflanzen- und Thierzelle, Athmung etc. — als Bedingung der Contractilität und Erregbarkeit 120.  
 Sauerstoffabscheidung der Pflanzen 62.  
 Sauerstoffaufnahme der Menschen 67. 207. 529. cf. Athmung. — Sauerstoffmangel im Blut 434. — Einfluss auf das Herz 452. — Athmung 518.  
 SAXTON'sche Maschine, cf. Rotationsapparat.  
 Schalenhäutchen der Eier 135.  
 Schallempfindung 904.  
 Schallleitung 745. 919. 934.  
 Schallwahrnehmungen 934. 938.  
 Schallwellen 905. 934.  
 Schatten, farbige 876.  
 SCHEINER'scher Versuch 849. 852.  
 Schielen, cf. Augenbewegungen.  
 Schilddrüse 422.  
 Schlaf 807. 820. 1002.  
 Schleim, cf. Mucin.  
 Schleimdrüsen 260.  
 Schleimpepton, cf. Mucinpepton.  
 Schleimschicht, cf. Epidermis.  
 Schleimstoff, cf. Mucin.  
 Schleimzellen 266.  
 SCHLEMM'scher Canal 800. cf. Accommodation.  
 Schlingbewegungen, cf. Schluckakt.  
 Schlittenmagnetelectromotor 769, cf. elektrische Apparate.  
 Schluckakt 354. 356.  
 Schlüssel zum Tetanisiren 769.  
 Schlund 276.  
 Schmeckbecher 955.  
 Schmecken, cf. Geschmackssinn.  
 Schmelz 350.  
 Schmerz 785.  
 Schnaps 192.  
 Schnecke des Ohrs 927.  
 Schnupftabak 186.  
 Schutzorgane des Auges 903.  
 Schwärmsporen 9.  
 Schwebungen 910.  
 Schwefel 57.  
 Schwefelsäure 58. 92. — im Speichel von Doilium Galea 274. cf. Harn.  
 Schwefelsaure Alkalien 92.  
 Schwefelsaurer Kalk 92.  
 Schwefelwasserstoff 92. — cf. Harn, Blut, Athemluft, Darmgase.

Schweinogalle 84.  
 Schweiss 621.  
 Schweissabsonderung 621.  
 Schweissdrüsen 620.  
 Schweissfarbstoffe 89.  
 Schweissnerven 622.  
 Schwindel, cf. Gleichgewicht.  
 Sclerotica 797.  
 Scyllit 82.  
 Sechster Sinn 959.  
 Seele 887. — Rückenmarksseele 977.  
 Sehen, cf. Gesichtssinn. Die Lehre vom Sehen, ihre historische Entwicklung 859.  
 Sehfeld 882, 884. — Wettstreit der Sehfelder  
 XVII.  
 Sehnen 29, 40.  
 Seifen 64.  
 Seitenplatten 46.  
 Selbststeuerung des Herzens 450. — der Athmung 5 6.  
 Selbstverdauung des Magens 445, 286.  
 Sensibilität, rückläufige 793.  
 Serumalbumin, cf. Eiweissstoffe.  
 Silicium 58.  
 Singstimme 687.  
 Singmuskelapparat 692.  
 Sinnesorgane 775.  
 Sitzen, Mechanik desselben 680.  
 Skelet und seine Bewegungen 657, 668, 674.  
 Smegma præputii 623.  
 Solanin, cf. Kartoffeln.  
 Sonne 406.  
 Soorpilz 275, 298.  
 Spectro-kop und Spectralanalyse 409.  
 Speichel 266. — seine krankhaften Veränderungen 274.  
 Speicheldrüsen 259, 272, 273. — ihre Absonderung 261.  
 Speichelkörperchen 266.  
 Speichelnerven 263.  
 Speichelsteine 275.  
 Speiseröhre 276.  
 Spermatozoen cf. Same.  
 Sphygmograph 487.  
 Spinalganglien 50.  
 Spirometer 542.  
 Splanchnicus 363, 4082.  
 Sprache 682, 687.  
 Spürhaare 40.  
 Sputum 520.  
 Stachelzellen, cf. Ritzzellen.  
 Stärkemehl 483, 269.  
 Stearin, cf. Fette.  
 Stearinsäure 65.  
 Stehen, Mechanik desselben 675.  
 Steissdrüse 428.  
 STENSON'S Versuch 719.  
 Stercobilin 88.  
 Stereoskop 893.  
 Stickoxydgas 408.  
 Stickstoff 57. cf. Blutgase, Harngase.  
 Stimme 682.  
 Stimmbänder 682.

Stimmorgan 682. — Klangbildung in dem  
 ben 682.  
 Stimmritze 682.  
 Stoffwechsel 442, 448, 449. — Gesetz des  
 ben 209.  
 Strahlenbrechung im Auge 825, 832, 833.  
 Stromuhr 483.  
 Sympathikus 4027.  
 Synovialkapseln, cf. Gelenke.  
 Syntonin 73. cf. Muskel.

## T.

Tabak 490. cf. Schnupftabak.  
 Talgdrüsen 620.  
 Tastfeld 787.  
 Tastkörperchen 783.  
 Tastsinn 782.  
 Taurin 84.  
 Taurocholsäure 84.  
 Temperatur, cf. Wärme.  
 Temperaturbeobachtungen 647.  
 Temperaturempfindungen 782, 788.  
 Tensor chorioideae, cf. Ciliarmuskel.  
 Tetanus 703.  
 Thätigkeitswechsel der Organe 213.  
 Thee 490.  
 Theobromin 490.  
 Thein 490.  
 Thermometer 649.  
 Thierzelle 66.  
 Thorakometer 542.  
 Thränen 903.  
 Thränendrüsen 903.  
 Thymus 423.  
 Thyreoides 422.  
 Tiefendimension, ihre Wahrnehmung 391.  
 Tod der Zelle 48.  
 Todtenstarre des Muskels 434, 748. — des  
 ven cf. Nervenstarre.  
 Ton und Tonempfindungen 904.  
 Tonstillen, Mandeln 259.  
 Tonus 989.  
 Trachea 500.  
 Transfusion 399, 432.  
 Transsudate, pathologische 384.  
 Traubenzucker 66, 84, 269.  
 Trichinae 78.  
 Trigeminus 000.  
 Trinkwasser 58.  
 Trommelfell 910, 924.  
 Truppenernährung 237.  
 Tuba Eustachii 914.  
 Tupfelcanäle 6.  
 Tonicin 33.  
 Turgor 383.  
 Turnen 724.  
 Tyrosin 85.

## U.

Unwillkürliche Muskeln, cf. Muskeln.  
 Umbilicalgefässe 53.  
 Urachus 53.



Urämie 604.  
 Urbläschen 44.  
 Ureteren, cf. Harnwege.  
 Urnieren 568.  
 Urobilin 88.  
 Urocyanin 88.  
 Urohaematin 88.  
 Urwirbel 47. 50.  
 Urwirbelplatten 46.  
 Uterus 144. 1049.

## V.

Vacuolen 49.  
 Vegetabilische Nahrungsmittel. cf. pflanzliche Nahrungsmittel.  
 Venen, cf. Blutgefäße.  
 Venöses Blut 440.  
 Ventilation 553.  
 Verbrennungsarbeit 403.  
 Verbrennungswärme verschiedener Stoffe 409.  
 Verdaulichkeit der Nahrung 289.  
 Verdauung 254. — in der Mundhöhle 254. 344.  
 — im Magen 277. — im Darm 299. — ihre Mechanik 344.  
 Verdauungslehre, ihre Entwicklung 271. 294.  
 Verdauungsorgane 257.  
 Verknöcherungsprocess 31.  
 Vernix caseosa 623.  
 Vesicatorblase 42.  
 Vibrionen 89.  
 Violetblindheit, cf. Farbenblindheit.  
 Visiren und Visirlinien 838.  
 Vitalcapazität der Lunge 542.  
 Vitellin 75.  
 Vokale 688.  
 Volksernährung 235.

## W.

Wachsthum 425.  
 Wanderzellen, cf. Hornhaut, Choroidea 28. 418.  
 Wärme 404. — thierische 634; des Menschen normale 634. — krankhafte 636. 640. — ihre Bestimmung 647.  
 Wärmeeinheit 103. 105.  
 Wärmeleitungsvermögen organischer Stoffe 653.  
 Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch 643.  
 Wärmeregulirung des Organismus 638. 643.  
 Wärmetheorie, mechanische 403.  
 Wasser 58. 92. 454. — seine Verunreinigungen und Untersuchung 454. — Grundwasser 457.  
 Wasserabgabe, cf. Athmung, Haare, Haut.  
 Wasserleitungen 455.  
 Wasserreservoirs 455.  
 Wasserstoff 57. cf. Darmgase und Athmung.  
 Wasserverbrauch in Haushaltungen 456.  
 Wechselfieber 457.

Wechselwirkung der Kräfte im Organismus 439.  
 Wein 494.  
 Weitsichtigkeit 848.  
 Welt im Glase 406.  
 Willkürliche Muskeln, cf. Muskeln.  
 Wohnraum, cf. Ventilation.  
 Würste, leuchtende 178.  
 Wurstgift 478.

## X.

Xanthin 87.  
 Xanthoproteinreaktion 78.

## Z.

Zähne 33. 349.  
 Zahnbein 33. 354.  
 Zahnschmelz 35. 354.  
 Zahnstein 275.  
 Zahnwechsel 352.  
 Zehen 673.  
 Zelle 3. — Entstehung und Umbildung 3. — Chemie 56. — Pflanzenzelle 64. — Primordialzelle 40. — Thierzelle 67. — ihr Tod 420. 443. — ihre Ermüdung 420. — Mutterzellen 42. — nackte Zellen 7. — Einwanderung 44.  
 Zellenfütterung 418.  
 Zellenlehre 6.  
 Zellenterritorium 20.  
 Zellentheilung 44.  
 Zellinhalt 49.  
 Zellkapsel 8. 429.  
 Zellkern 6. 7. 14.  
 Zellkernkörperchen 6.  
 Zellmembran 5. 6. 10. 12.  
 Zellenrespiration 96.  
 Zellsaft 8. 10. 92.  
 Zelltheilung 43.  
 Zerstreungsbilder auf der Netzhaut 636.  
 Zeugung 47. — ungeschlechtliche 47. 4050.  
 Zink im Trinkwasser 455. cf. Kochgeschirre, Milch.  
 Zona pellucida 8. 24.  
 Zonula Zinnii 848.  
 Zoospermien 448.  
 Zucker 77. 84. 483. cf. Harn 580. 594. Muskel, Blut, Leber. — thierische Electricität 442.  
 Zuckerharnruhr, cf. Diabetes.  
 Zuckung, paradoxe 760. — vom Muskel aus 759. — vom Nerven aus 760.  
 Zuckungsgesetz 758.  
 Zunge, ihre Anatomie 345. — als Geschmacksorgan 953. — als Tastorgan 957.  
 Zungenbeleg 275.  
 Zungendrüsen 259.  
 Zwangsbewegungen 995.  
 Zwerchfell, seine Entwicklung 504. — seine Funktion 508.  
 Zwischenzellenmasse 49.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



